

Emprego de um software baseado em mineração de texto e apresentação gráfica multirrepresentacional como apoio à aprendizagem de conceitos científicos a partir de textos no Ensino Fundamental

Using software based on text mining and multi-representational graphic presentation as support for learning of scientific concepts from texts in Elementary School

Ana Paula Metz Costa¹ . Eliseo Berni Reategui¹ . Daniel Epstein² . Daniel Derrossi Meyer³ . Evelyn Gonçalves Lima⁴ . Karina Heck da Silva⁵

Resumo: Este artigo apresenta dois estudos independentes que têm como objetivo investigar como uma ferramenta baseada em mineração de texto e apresentação gráfica multirrepresentacional (SOBEK) pode contribuir no processo de construção de conceitos científicos por estudantes do Ensino Fundamental. Os estudos foram realizados através de pesquisa quasi-experimental com aplicação de pré-teste e pós-teste, utilizando grupos controle não equivalentes. Textos refutacionais de pesquisas já publicadas foram utilizados nas intervenções, assim como testes de performance correspondentes aos textos. Os conceitos abordados foram energia e natureza particulada da matéria. Os estudos foram conduzidos em duas turmas de 9º ano de uma escola municipal no sul do Brasil. Análises estatísticas do desempenho nos testes mostraram melhora significativa dos estudantes que utilizaram o SOBEK como suporte para estudo dos textos. Investigações mais detalhadas são necessárias para identificar a ocorrência e extensão das modificações na estrutura conceitual dos estudantes e sua relação com a estratégia proposta.

Palavras-chave: Tecnologia na educação. SOBEK. Ensino de ciências. Conceito científico. Ensino fundamental.

Abstract: This work presents two independent studies that aim to investigate how a tool based on text mining and multi-representational graphical presentation (SOBEK) can contribute to the process of constructing scientific concepts from text by elementary school students. The studies were conducted in a quasi-experimental design with application of pre-test and post-tests with non-equivalent control groups. Refutational texts from published researches were used, as well as the corresponding performance tests about each text. The concepts covered are energy and the particulate nature of matter. Performed in a municipal school in Southern Brazil, the studies included two classes of 8th grade students. Statistical analysis of scores performed by students in tests show significant improvements in student's performance that used the SOBEK tool as support for the study of text. More detailed studies are needed to identify the occurrence and extent of possible changes in students' conceptual structure supported by the proposed approach.

Keywords: Technology in education. SOBEK. Science teaching. Scientific concept. Elementary school.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Educação, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: <anapaulametz@gmail.com>.

² UFRGS, Programa de Pós-graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, RS, Brasil.

³ UFRGS, Programa de Pós-graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁴ UFRGS, Instituto de Artes, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais, Lavras, MG, Brasil.

Introdução

Um dos grandes desafios dos educadores é ampliar o aproveitamento dos estudantes no que diz respeito à construção de conceitos ao longo de sua trajetória escolar. Em relação aos conceitos científicos, muitos não podem ser aprendidos de maneira empírica e em diversos casos são contraintuitivos (BRAVO; PESA; POZO, 2012; HATANO; INAGAKI, 1997; POZO, 1999; VOSNIADOU, 1994). Essas e outras dificuldades inerentes à aprendizagem, somadas a questões metodológicas e do contexto em que se dão as práticas educativas, conduzem com frequência a uma associação entre aprendizagem de conceitos e a simples memorização de palavras sem significado real ou útil para o indivíduo.

Outro desafio dos educadores contemporâneos é a inserção massiva das tecnologias da informação e comunicação nas práticas sociais (COLL; MONEREO, 2010; GIORDAN, 2005; LALUEZA; CRESPO; CAMPS, 2010). O estudo apresentado neste artigo tem como uma de suas questões centrais as possibilidades oferecidas pelos recursos computacionais que permitem a utilização e reformulação da informação em diferentes formatos. Esta pesquisa buscou analisar a combinação desses recursos a aspectos relacionados à representação e à aprendizagem a partir da leitura.

O estudo propõe a análise do emprego do SOBEK⁶, uma ferramenta baseada em mineração textual e apresentação gráfica multirrepresentacional, como apoio à aprendizagem de conceitos nas disciplinas científicas. Um conjunto de dois estudos foi realizado em uma escola pública da região metropolitana de Porto Alegre, sul do Brasil, com a participação de estudantes de 9º ano do Ensino Fundamental. A partir da aplicação de um desenho de pesquisa *quasi-experimental*, investigou-se a emergência de possíveis ganhos na aprendizagem conceitual após o uso da ferramenta como auxílio na aprendizagem a partir de textos.

Aprendizagem Significativa e a Aprendizagem de Conceitos

A fundamentação teórica dessa pesquisa tem como base a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O ponto central dessa teoria está no entendimento de que as informações são organizadas no cérebro humano formando uma hierarquia de conceitos. O foco do autor está no fenômeno da aprendizagem simbólica, que considera preponderante no ambiente escolar. O processo mais detalhadamente descrito por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) é o da aprendizagem significativa, que é caracterizado pela ancoragem das novas informações de forma não arbitrária e não literal às estruturas cognitivas já existentes, dando origem a estruturas diferentes das que existiam antes dos eventos de aprendizagem.

Para a promoção da aprendizagem significativa é necessário satisfazer algumas condições durante as situações instrucionais: além da existência de conhecimentos relevantes em relação às novas informações já estabelecidos na estrutura cognitiva, também é preciso dispo-

⁶Disponível em: <<http://sobek.ufrgs.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

sição do aprendiz para esse tipo de aprendizagem e estruturação potencialmente significativa do material a ser aprendido (MOREIRA, 1999). O potencial significativo do material depende tanto de seu significado lógico, entendido como a relação não arbitrária e substantiva com ideias relevantes que se encontram dentro do domínio intelectual humano, como da disponibilidade de ideias relevantes na estrutura cognitiva particular de um sujeito (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Quanto aos resultados dos processos de aprendizagem significativa, é possível identificar três diferentes tipos. A aprendizagem representacional consiste basicamente na atribuição de significados a símbolos, de maneira que dela dependem as outras aprendizagens. A aprendizagem de conceitos é um tipo específico de aprendizagem representacional, uma vez que também significa símbolos, associando-os aos seus referentes. Entretanto, os referentes são um conjunto de atributos essenciais que definem os conceitos como unidades genéricas ou ideias categóricas. Por último, há a aprendizagem proposicional, que resulta na habilidade de aprender o significado de uma estrutura gerada pela combinação de palavras em uma sentença (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; MOREIRA, 1999).

Portanto, a ligação entre a aprendizagem de conceitos e a aprendizagem representacional é um ponto crucial do processo de construção de significados. Os nomes dos conceitos, por exemplo, são aprendidos através da aprendizagem representacional significativa, que ocorre paralelamente à aprendizagem dos significados dos conceitos. À medida que o vocabulário do sujeito aumenta, novos conceitos podem ser definidos em função de novas combinações de referentes presentes em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

O papel da representação no Ensino de Ciências

No que se refere ao ensino de Ciências e à aprendizagem de conceitos científicos, algumas propostas pedagógicas alternativas às metodologias clássicas de ensino apontam a importância da reestruturação das formas e processos representacionais e não apenas do conteúdo de representações específicas. Tais propostas de ensino têm como foco o estímulo à tradução de uma representação (externa ou mental) a formatos mais potentes e explícitos (POZO, 1999). No entanto, tais reestruturações só poderão ocorrer se o aprendiz dispuser das linguagens ou códigos comunicativos para realizá-las, uma vez que as representações mentais são indissociáveis de suas representações externas (SCHNOTZ, 2002). A produção científica e sua divulgação, incluindo os livros didáticos e outras fontes utilizadas nos contextos escolares, são compostas por diversas formas de representar o conhecimento. O domínio dessas múltiplas modalidades constituiria um componente essencial da educação científica que sustentaria assim a construção de conhecimentos e o desenvolvimento das capacidades de comunicar ideias e argumentar sobre elas coletivamente. (YORE; HAND, 2010).

O campo de pesquisa da Psicologia Cognitiva apresenta algumas propostas teóricas sobre os processos de formação das representações mentais, entre elas a Teoria da Codificação Dual. Fundamentada através de uma sólida caracterização empírica, trata-se da aceitação de que as informações verbais e as informações imagéticas são processadas pelo aparato cognitivo humano através de sistemas mentais separados, especializados respectivamente na representação e manipulação de cada tipo de informação. Essas representações podem ser

conectadas através de uma complexa rede de associações através das conexões referenciais, que fazem a ligação entre os dois sistemas representacionais (CLARK; PAIVIO, 1991; STERNBERG, 2000).

A utilização de organizadores gráficos de informação como os grafos e os mapas conceituais na aprendizagem também tem sido analisada a partir desse enfoque. As particularidades desses formatos de representação do conhecimento possibilitam que a memória visuo-espacial codifique características locais (como pontos de referência), informações estruturais que representam a configuração espacial desses elementos, bem como as distâncias relativas dos elementos entre si e entre os elementos e os limites do mapa, contribuindo na construção da rede de relações de representações mentais (NESBIT; ADESOPE, 2006).

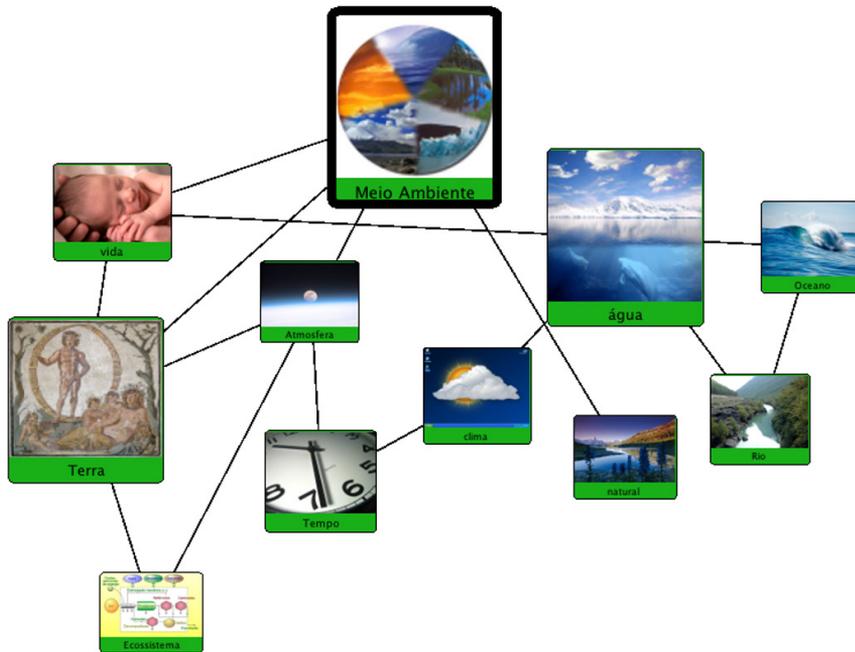
A Ferramenta SOBEK

A principal funcionalidade do SOBEK é a construção de uma rede de conceitos a partir de um texto. A ferramenta utiliza um algoritmo que realiza uma análise estatística dos termos presentes no texto e os seleciona a partir do valor absoluto de sua ocorrência. Esse modelo de mineração textual, denominado *n-simple distance*, considera também as relações de proximidade entre os componentes do texto, ligando cada termo estatisticamente relevante a N subsequentes palavras também relevantes (SCHENKER, 2003).

Os dados gerados a partir dessa análise são apresentados em uma estrutura organizadora do tipo *grafo*. Na versão do SOBEK utilizada na pesquisa, após a mineração do texto, o software realiza uma busca na internet por imagens associadas a cada um dos termos selecionados e as apresenta no grafo, junto ao termo correspondente. Os grafos gerados no SOBEK são editáveis, de maneira que é possível excluir ou inserir nós, alterar as relações entre os nós e modificar as imagens relacionadas a cada termo (Figura 1).

A utilização do aplicativo como ferramenta de aprendizagem foi proposta e analisada em estudos anteriores, como no trabalho de Reategui, Klemann e Finco (2012), que averiguou seu uso como apoio à sumarização de textos. Também foram analisadas as contribuições do trabalho com o SOBEK em atividades de produção de diferentes gêneros textuais (COSTA; REATEGUI, 2012; KLEMANN; REATEGUI; LORENZATTI, 2009) e de leitura e interpretação de textos (HESSLER; REATEGUI, 2010). O conjunto de resultados qualitativos obtidos nesses estudos indica que o software SOBEK apresenta potencial para ser empregado como apoio na compreensão de materiais escritos de aprendizagem, estimulando um engajamento ativo do estudante na exploração de um texto em função da análise e edição do grafo.

Figura 1. Grafo gerado com a ferramenta SOBEK a partir de um texto da autora sobre meio ambiente



Fonte: elaborado pelos autores com a ferramenta SOBEK.

Objetivos de pesquisa

O objetivo principal dessa pesquisa foi investigar como uma ferramenta baseada em mineração de texto e apresentação gráfica multirrepresentacional pode contribuir para o processo de construção de conceitos científicos por estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. Para essa análise, foram definidos alguns critérios considerados como *ganhos na aprendizagem conceitual* com base em estudos sobre a aprendizagem de conceitos de disciplinas científicas (MIKKILÄ-ERDMANN, 2001; VOSNIADOU, 1994). Além de investigar a habilidade dos participantes da pesquisa em recuperar informações importantes relacionadas ao conceito estudado, a pesquisa também procurou identificar as habilidades de realizar inferências a partir da compreensão do conceito e de aplicar o conhecimento construído em situações novas. Também foi analisada a presença/modificação de concepções alternativas dos estudantes em desacordo com a convenção da comunidade científica.

Metodologia de Pesquisa

Os dois estudos que compõem esta pesquisa foram realizados em uma escola pública da cidade de Esteio, localizada na região metropolitana de Porto Alegre. A metodologia de

pesquisa utilizada foi um estudo *quasi*-experimental com a aplicação de pré-teste e pós-teste e grupo controle não equivalente (CAMPBELL; STANLEY, 1963). Participaram dos estudos duas turmas de 9º ano, compostas respectivamente por 19 e 23 estudantes e com uma distribuição equilibrada em relação ao sexo. Antes do início dos experimentos, houve um período de adaptação-em que todos os participantes da pesquisa aprenderam a utilizar a ferramenta SOBEK, empregando-a em atividades de interpretação textual.

Desenho Experimental

No Estudo 1, as turmas foram aleatoriamente definidas como grupo Controle e grupo Experimental. No pré-teste, os dois grupos receberam um questionário idêntico com questões relativas a um determinado conceito científico e tiveram 110 minutos para concluí-lo. Uma semana após o pré-teste, foram desenvolvidas sequências didáticas baseadas na exploração de um texto sobre o conceito abordado no pré-teste. Após uma breve introdução ao tema realizada pela mesma professora nas duas turmas, os estudantes distribuíram-se em duplas nos computadores disponíveis na escola para realizar as atividades solicitadas. No grupo Controle, o texto foi explorado a partir de um questionário tradicional, respondido em uma plataforma virtual para questionários⁷. No grupo Experimental, os estudantes seguiram um roteiro para a produção de um grafo sobre o texto no SOBEK no qual eram orientados a analisar e editar o grafo para que este correspondesse a uma representação do texto.

Os grupos tiveram duas sessões de duas horas, separadas por um intervalo de uma semana, para concluir a sequência didática, no fim da qual deveriam realizar também uma produção textual expondo o que compreenderam sobre o texto e o conceito estudado. Uma semana após a conclusão das atividades, os estudantes dos dois grupos realizaram o pós-teste imediato, idêntico ao pré-teste, instrumento que foi novamente aplicado após dois meses (pós-teste tardio).

Em seguida iniciou-se o Estudo 2, seguindo a mesma estrutura do primeiro experimento. Nesta etapa, utilizou-se um novo tema de estudo (baseado em um novo conceito científico), e houve a inversão dos grupos Controle e Experimental: a turma que realizou a atividade de controle (questionário tradicional) no primeiro experimento utilizou o SOBEK no segundo, e vice-versa.

O pré-teste foi utilizado como recurso para estabelecer o quão similares eram os grupos antes da intervenção, além de levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conceitos abordados. Por fim, foi realizada uma comparação entre o desempenho dos estudantes dos grupos Experimental e Controle nos testes através de análise estatística. Os instrumentos de coleta de dados aplicados antes (pré-teste) e depois (pós-teste) das sequências didáticas, assim como os textos que compunham essas atividades, foram retirados de estudos publicados anteriormente e são descritos a seguir.

⁷Disponível em: <<http://www.evalandgo.pt/>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Textos utilizados no experimento

Os textos utilizados nos experimentos provêm de estudos sobre a utilização de um tipo particular de estrutura textual no ensino de Ciências: os textos refutacionais. Esses textos caracterizam-se por inicialmente evocarem concepções alternativas aos modelos científicos, levantadas por estudos prévios, e, em seguida, refutá-las explicitamente. Logo após, são apresentados os argumentos aceitos pela comunidade científica, e exemplos cotidianos são explorados. Uma meta-análise realizada sobre estudos que investigam efeitos de abordagens baseadas nos princípios da mudança conceitual mostrou que a utilização dos textos refutacionais é uma das estratégias mais eficazes na promoção de alterações na estrutura conceitual dos estudantes (GUZZETTI et al., 1993).

Os conteúdos dos textos refutacionais utilizados foram selecionados a partir da disponibilidade e da adequação às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para a disciplina de Ciências no Ensino Fundamental (BRASIL, 1997). O material utilizado no Estudo 1 (texto refutacional e teste aplicado) é baseado no artigo de Diakidoy, Kendeou e Ioannides (2003) que avaliou a utilização de um texto refutacional sobre o conceito de energia para nível de Ensino Fundamental. O texto foi elaborado pelos pesquisadores com a intenção de destacar duas concepções alternativas muito comuns: a não diferenciação entre os conceitos físicos de energia e força e a caracterização da energia como substância.

No Estudo 2, utilizou-se o material proveniente da pesquisa publicada por Özmen (2011) que investigou os efeitos da combinação de textos refutacionais e do uso de animações na aprendizagem do conceito de Natureza Particulada da Matéria (NPM) no Ensino Fundamental. Os quatro textos refutacionais elaborados pelo autor procuram problematizar as concepções alternativas relacionadas ao comportamento e às propriedades microscópicas e macroscópicas da matéria nos estados sólido, líquido e gasoso em função de variáveis como resfriamento, aquecimento, aplicação de pressão e mudanças de fases. As propriedades abordadas foram as variações no número e no tamanho das moléculas, a velocidade de seu movimento e o espaço existente entre elas.

Testes, Análise e Comparação de Desempenho

O teste formulado por Diakidoy, Kendeou e Ioannides (2003) e utilizado no Estudo 1 tem como objetivos avaliar através de questões inferenciais objetivas e de respostas curtas a aquisição de conhecimentos relacionados ao texto apresentado e, paralelamente, revelar até que ponto os estudantes conseguiram fazer a diferenciação entre os conceitos físicos de força, energia e matéria. Para a realização da análise de desempenho, as respostas dos participantes foram pontuadas da seguinte forma: foi atribuído 1 (um) ponto para respostas corretas, e nenhuma pontuação para respostas incorretas. A pontuação nas questões foi somada gerando um escore bruto e esse foi transformado em proporções em relação ao total de pontos do teste (Escore Total). Dois sub-escores também foram calculados, um deles englobando apenas a pontuação nas perguntas relacionadas à diferenciação entre energia e matéria (escore Energia-Matéria) e o outro englobando apenas a pontuação nas questões relacionadas à diferenciação entre energia e força (escore Energia-Força).

No Estudo 2 foram utilizados dois testes. O primeiro, denominado Transformation of Matter Statement Test (ToMaSaT), foi elaborado por Özmen e Kenan (2007). O segundo teste trata-se de uma composição que reuniu questões presentes no teste elaborado por Özmen (2011), o Particulate Nature of Matter Concept Test (ParNoMaC), e questões elaboradas pelos pesquisadores do presente estudo. As questões adicionadas ao ParNoMaC são questões dissertativas e seguem o modelo das questões geradoras, que desafiam o indivíduo a aplicar o conceito estudado em uma nova situação (MIKKILLÄ-ERDMANN, 2001). Essas questões foram avaliadas por dois especialistas em Ensino de Ciências e suas considerações foram utilizadas para reelaborações no material.

Uma pontuação única que uniu os resultados nesses dois testes foi estabelecida a partir de um sistema misto de atribuição de valores às respostas que considerou as características quantitativas e qualitativas das questões. Nas 28 questões objetivas provenientes do ToMaSaT, o estudante recebeu 1 ponto quando respondeu de forma correta e nenhuma pontuação quando incorreta. As quatro questões dissertativas foram analisadas por cinco avaliadores, todos pós-graduados em áreas das Ciências Biológicas e com experiência no ensino da disciplina. Os avaliadores basearam a análise das respostas em categorias elaboradas pelos pesquisadores que recebiam diferentes valores (0-5 pontos). Após a obtenção do escore bruto, esse foi transformado em um escore proporcional, formando o Escore Total. Três subescores também foram elaborados a partir das questões que abordavam especificamente cada uma das três concepções alternativas destacadas pelo texto.

Nos dois estudos, um Teste *t* foi executado entre os resultados obtidos nos pré-testes para assegurar uma equivalência mínima entre os grupos em relação ao conhecimento prévio sobre o tema abordado. Para comparar o desempenho obtido pelos estudantes nos testes antes e após a intervenção, foi realizado um Teste de Ganho (CAMPBELL; STANLEY, 1963). A partir dos escores individuais dos estudantes, três novas medidas foram construídas: GANHO 1, representado pela pontuação do estudante no pós-teste imediato subtraída a pontuação no pré-teste; o GANHO 2, composto pelo escore do pós-teste tardio subtraído o escore do pós-teste imediato; e por último o GANHO 3, composto pelo escore do pós-teste tardio subtraído o escore do pré-teste. As medidas foram comparadas entre os grupos através da realização de Teste U de Mann-Whitney.

Resultados

Estudo 1

O Teste *t* realizado para comparar o desempenho dos dois grupos no pré-teste indicou que não havia diferenças significativas entre o conhecimento prévio das turmas ($t_{(24)} = 0,5589$, $p = 0,5814$). As médias de desempenho dos grupos e outras informações estatísticas descritivas básicas estão apresentadas no Quadro 1. Os Testes U de Mann-Whitney realizados para comparar os valores de ganho dos dois grupos indicaram que os valores de GANHO 1 do grupo Controle são maiores, com significância estatística ($U=18,5$, $p < 0,01$). Em contraste, os valores da variável GANHO 2 foram estatisticamente maiores no grupo Experimental ($U=134,5$, $p < 0,01$).

Os subescores calculados para as categorias de concepções alternativas *Energia-Força* e *Energia-Matéria* e seus respectivos valores de ganho também foram submetidos aos mesmos testes estatísticos utilizados com o Escore Total. No Escore *Energia-Força*, o valor de GANHOS 2 do grupo Experimental foi estatisticamente maior do que o valor do grupo Controle ($U=35,4$, $p < 0,01$). Em relação às análises do Escore *Energia-Matéria*, identificou-se uma diferença com significância estatística no valor GANHOS 3, indicando que o ganho no grupo Experimental foi maior do que no grupo Controle ($U=125,5$, $p < 0,05$).

Um Quadro de frequência de respostas identificando o aparecimento/alteração das concepções alternativas abordadas no texto foi elaborado e é apresentado no Quadro 2. A questão 1A do teste (“Por que algumas vezes, quando estamos cansados, nós não conseguimos correr tão rápido como em outras vezes?”) apresentou alta frequência de acertos em todos os momentos testados. A ligação entre energia e a capacidade do corpo de produzir movimento parece estar clara para a maioria dos participantes.

Quadro 1. Estatística descritiva dos dados coletados no Estudo 1

Grupo	Medição	N ^{1*}	Média do grupo	DP ²
Controle	Pré-teste	15	0,3157	0,089
	Pós-teste imediato	15	0,614	0,1137
	Pós-teste tardio	15	0,4947	0,1286
Experimental	Pré-teste	11	0,2918	0,1297
	Pós-teste imediato	11	0,4114	0,0906
	Pós-teste tardio	11	0,4167	0,1188

¹ Número de sujeitos

² Desvio padrão

* O número de sujeitos testados não corresponde ao número total de estudantes da turma em função do efeito de mortalidade da amostra.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados obtidos durante a realização da pesquisa.

Os dados obtidos na questão 4A (“Um homem muito forte tem um monte de _____”) indicam que a estratégia utilizada com o grupo Controle não foi efetiva na compreensão das diferenças entre os conceitos físicos de força e energia em relação ao uso cotidiano dessas palavras, principalmente na associação da força com o termo “força muscular”. Já o grupo Experimental passou de uma frequência de acertos de 0,36 no pré-teste para 0,82 no pós-teste imediato, apesar de decair no pós-teste tardio para 0,45.

Na questão objetiva 9B (“Quando comemos, nós repomos nossa força perdida? (a) Sim (b) Não”), observou-se um percentual bastante baixo de acertos no grupo Experimental durante os três momentos de teste. Devido a limitações do teste, já apontadas pelo autor (DIAKIDOY; KENDEOU; IOANNIDES, 2003), não é possível fazer conjecturas mais profundas sobre esse resultado, mas algumas hipóteses podem ser levantadas. Entre elas, pode-se

considerar a manutenção da concepção alternativa da indiferença entre energia e força, a falta de associação entre alimento e energia química (apesar de tal relação ser abordada no texto) ou ainda a dificuldade dos estudantes em fazer inferências a partir dos conceitos em construção.

Estudo 2

O Estudo 2, baseado no trabalho de Özmen (2011), abordou a NPM e as propriedades observadas nos níveis macroscópico e microscópico em função de alterações na temperatura ou mudança de estado físico. A construção dos escores brutos e proporcionais e as análises estatísticas foram realizadas da mesma forma descrita para o Estudo 1. O Quadro 3 apresenta algumas das informações básicas obtidas a partir dessa análise.

Quadro 2. Frequências de acertos nas questões sobre as concepções alternativas abordadas no texto

Concepção alternativa alvo	Questão	Condição					
		Pré-teste		Pós-teste imediato		Pós-teste tardio	
		Controle	Experimental	Controle	Experimental	Controle	Experimental
Energia / Força	1 ^a	12 (0,8)	10 (0,91)	15 (1)	9 (0,82)	11 (0,73)	11 (1)
	4 ^a	3 (0,2)	4 (0,36)	3 (0,2)	9 (0,82)	0 (0)	5 (0,45)
	1B	4 (0,27)	0 (0)	14 (0,93)	6 (0,55)	14 (0,93)	7 (0,64)
	9B	1 (0,07)	0 (0)	10 (0,67)	1 (0,09)	5 (0,33)	2 (0,18)
Energia / Matéria	3B	6 (0,4)	5 (0,45)	11 (0,73)	3 (0,27)	8 (0,53)	6 (0,55)
	4B	9 (0,6)	2 (0,18)	8 (0,53)	4 (0,36)	9 (0,6)	3 (0,27)
	6B	6 (0,4)	2 (0,18)	3 (0,2)	8 (0,73)	4 (0,27)	9 (0,82)

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados obtidos durante a realização da pesquisa.

O Teste *t* realizado entre os desempenhos no pré-teste não mostrou diferença significativa entre os escores dos grupos ($t_{(34)} = -0,5279$, $p = 0,6010$). Os valores de ganho foram comparados entre si através de Teste U de Mann-Whitney. Como resultado, identificou-se um ganho significativamente maior dos estudantes do grupo Experimental em relação ao grupo Controle entre o pré-teste e pós-teste imediato, ou seja, o valor GANHO 1 ($U=223$, $p < 0,05$). A observação de ganhos maiores no grupo Experimental não se manteve em relação às medidas GANHO 2 e GANHO 3.

Os três subescores do Estudo 2 foram compostos somente pela pontuação nas respostas às questões que abordavam cada uma das concepções alternativas em que o texto investia. Tais concepções se referiam à ideia de que o número e o tamanho das moléculas podem variar em casos de expansão ou contração dos materiais ou de mudanças no estado físico e também à ideia da não existência de espaços entre as partículas de objetos sólidos (ÖZMEN, 2011). Calculou-se o Escore Número, o Escore Espaço e o Escore Tamanho e seus respecti-

vos ganhos. As análises estatísticas realizadas foram as mesmas aplicadas ao Escore Total. Diferentemente do observado para os Escores Totais, os subescores não apresentaram diferenças significativas entre os grupos.

Além da comparação dos escores, procurou-se explorar mais as informações obtidas através do ToMaSaT, de forma que foram avaliadas as frequências de respostas corretas em relação a cada concepção alternativa alvo (Quadro 4). Nas questões relativas ao espaço entre as partículas, é possível observar uma tendência em relação à distribuição de frequências de respostas corretas. Nas questões 2A (“Quando um sólido é derretido, o espaço entre as partículas...”), 6A (“Quando um líquido é congelado, o espaço entre as partículas...”) e 10A (“Quando um líquido é vaporizado, o espaço entre as partículas...”), foi observado um decréscimo na frequência de acertos no grupo Controle. No caso da questão 2A, por exemplo, a frequência variou de 0,69 para 0,44, chegando a 0,38 no pós-teste tardio. Já no caso do grupo Experimental, houve um aumento para as séries de frequências nas três questões, atingindo, por exemplo, na mesma questão 2A, 0,70 de acertos no pós-teste tardio.

Quadro 3. Estatística descritiva dos dados coletados no Estudo 2

		N ¹	Média do grupo	DP ²
Turma Controle	Pré-teste	16	0,2351	0,0589
	Pós-teste imediato	16	0,3051	0,1526
	Pós-teste tardio	16	0,308	0,1451
Turma Experimental	Pré-teste	20	0,2452	0,0558
	Pós-teste imediato	20	0,4571	0,2312
	Pós-teste tardio	20	0,425	0,2527

¹Número de sujeitos

²Desvio padrão

*O número de sujeitos testados não corresponde ao número total de estudantes da turma em função do efeito de mortalidade da amostra.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados obtidos durante a realização da pesquisa.

A questão “Existe ou não existe, espaço entre as partículas que formam uma substância quando ela está no estado sólido?” foi uma das questões dissertativas adicionadas ao ParNoMaC de Özmen (2011). Foi possível perceber certa efetividade da intervenção experimental na superação do pensamento muito comum de que os sólidos são contínuos também no nível microscópico. Nos resultados do pré-teste, o percentual de indivíduos que apresentou tal concepção alternativa foi de 80% e 100% para os grupos Experimental e Controle, respectivamente. Após as intervenções, o grupo Controle apresentou no pós-teste imediato um percentual de 37,5% de erro e 43,75% no pós-teste tardio. Já o grupo Experimental apresentou uma taxa de erro de 30% no pós-teste imediato e de 15% no pós-teste tardio. Apesar de o grupo Controle também reduzir seu percentual de erro em mais de 50% entre o pré-teste e o pós-teste imediato, essa tendência não se repetiu entre o pós-teste imediato e o tardio, enquanto o grupo Experimental manteve a tendência de 50% de redução na porcentagem de erro.

Discussão

Em duas turmas de séries finais do Ensino Fundamental, o Estudo 1 investigou a emergência de ganhos conceituais a respeito do conceito físico de energia a partir da utilização do software SOBEK como apoio na aprendizagem através da leitura. Os estudantes que não utilizaram a ferramenta (grupo Controle) apresentaram um valor de ganho maior em seu desempenho entre o pré-teste e o pós-teste imediato (GANHO1). Entretanto, o ganho no grupo Experimental foi maior entre o pós-teste imediato e o pós-teste tardio (GANHO2), resultado também averiguado em relação ao desempenho dos estudantes ao responder as questões da categoria Energia-Força. Na categoria de questões Energia-Matéria, o grupo Experimental obteve um desempenho superior ao Controle no GANHO3, isto é, na diferença entre o pré-teste e o pós-teste tardio.

Quadro 4. Frequências de acertos no ToMaSaT, separadas de acordo com a concepção alternativa alvo da questão

Concepção alternativa alvo	Questão	Condição					
		Pré-teste		Pós-teste imediato		Pós-teste tardio	
		C (N ¹ =16)	E (N=20)	C (N=16)	E (N=20)	C (N=16)	E (N=20)
Alteração no tamanho das moléculas	1	0,06	0,3	0,31	0,75	0,13	0,45
	5	0,56	0,15	0,25	0,5	0,5	0,55
	9	0,13	0,1	0,19	0,3	0,25	0,35
	13	0,19	0,25	0,19	0,35	0,38	0,3
	17	0,19	0,25	0,19	0,55	0,19	0,5
	21	0,19	0,15	0,06	0,45	0,31	0,55
Alteração no espaço entre as moléculas	2	0,69	0,4	0,44	0,75	0,38	0,7
	6	0,5	0,55	0,31	0,75	0,25	0,55
	10	0,5	0,45	0,38	0,75	0,44	0,65
	14	0,25	0,35	0,31	0,55	0,38	0,60
	18	0,31	0,5	0,56	0,65	0,5	0,60
	22	0,31	0,4	0,56	0,5	0,63	0,55
Alteração no número de moléculas	4	0,25	0,2	0,56	0,75	0,44	0,5
	8	0,56	0,5	0,69	0,75	0,56	0,6
	12	0,31	0,25	0,56	0,45	0,38	0,55
	16	0,44	0,25	0,56	0,35	0,44	0,4
	20	0,38	0,05	0,5	0,75	0,5	0,5
	24	0,38	0,2	0,38	0,6	0,56	0,6

¹Número de sujeitos. C = Controle; E = Experimental.

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados obtidos durante a realização da pesquisa.

O desempenho do grupo experimental dá indícios de efeitos mais duradouros na aprendizagem do que a abordagem tradicional, o que pode estar relacionado à utilização do SOBEK nestas atividades. Certamente, mais testes e investigações mais profundas sobre as representações mentais dos indivíduos acerca do conceito de energia são necessárias para apoiar essa hipótese. O conceito de energia é bastante abstrato e o que é mais frequentemente observável nas situações cotidianas são seus efeitos e transformações. Além disso, o conceito apresenta uma complexidade que precisa ser cuidadosamente manejada quando tal definição é apresentada para estudantes de Ensino Fundamental (DIAKIDOY; KENDEOU; IOANNIDES, 2003). Outro teste necessário seria a comparação de sequências didáticas baseadas na utilização do SOBEK com sequências baseadas em outros instrumentos de aprendizagem, como, por exemplo, a construção de mapas conceituais.

A NPM abordada no Estudo 2, assim como a energia, encontra-se entre os tópicos mais abrangentes para a compreensão de grande parte dos fenômenos científicos. Também é dotada de uma natureza abstrata, o que torna mais desafiador o entendimento de tal conceito. Alguns pesquisadores defendem que introduzir representações simplificadas desse conceito com antecedência na vida escolar é um poderoso artifício para que os indivíduos visualizem os fenômenos no nível molecular no futuro (TYTLER; PETERSON; PRAIN, 2006). Os Parâmetros Curriculares Nacionais indicam a introdução das representações de partículas já no 6º ano (BRASIL, 1997), mas, apesar disso, o Plano Curricular da escola na qual a pesquisa foi realizada apenas aborda a questão brevemente no 8º ano, deixando para o 9º ano uma introdução das noções químicas e físicas no nível das partículas.

As representações externas, e, mais ainda, sua multiplicidade de formatos, são de grande importância para o entendimento da NPM. Segundo Tytler, Peterson e Prain (2006), o centro da construção do conhecimento científico passa por construir, reconstruir e refinar as representações. Como apontado por Santos e Greca (2005), até mesmo estudantes de nível universitário apresentam dificuldades em fazer a relação entre fenômenos que ocorrem nos níveis macroscópico e microscópico da matéria, assim como em relacionar tais fenômenos com as variadas representações externas utilizadas nas situações de ensino ou nos eventos cotidianos.

O resultado do Estudo 2 mostra que o ganho entre o pré-teste e o pós-teste imediato (GANHO1) foi superior no grupo Experimental, apontando para um efeito positivo da utilização do SOBEK na aprendizagem do conceito de NPM. Uma das hipóteses que pode ser investigada para refinar a análise desse efeito é a influência da presença de imagens nos grafos, complementando as informações textuais de modo a ajudar na construção de modelos mentais mais adequados sobre as partículas e seus comportamentos em relação à matéria no nível microscópico. É importante salientar que o nível microscópico, em geral, não é familiar aos estudantes antes do período de instrução formal.

Sobre a utilização de um organizador gráfico de informações no formato de grafo para a apresentação dos resultados da análise de mineração textual realizada pelo SOBEK, tal opção é fundamentada nos resultados de mais de 20 anos de pesquisa sobre as propriedades desse tipo de recurso (NOVAK; CAÑAS, 2006). Os organizadores gráficos são, em geral, definidos como representações visuais e bidimensionais do conhecimento que destacam relações entre conceitos ou processos por meio da utilização diferenciada do posicionamento espacial e de recursos de ligação entre os elementos. Fluxogramas, cronogramas, linhas do tempo e

tabelas também são considerados organizadores gráficos, mas os mapas conceituais são o tipo mais estudado na pesquisa educacional. (NESBIT; ADESOPE, 2006).

As linhas que ligam os nós no grafo gerado representando a relação de proximidade entre os termos no texto atuam, em hipótese, da mesma forma que os conectores dos mapas conceituais. Ambos os elementos ajudariam a evidenciar os significados dos conceitos à medida que explicitam a significação de uma palavra em relação à outra (KLEIN, 2006). Além disso, a automática, porém editável, adição de imagens aos termos no grafo é um recurso que se une a outras inovações oferecidas pelas tecnologias para a manipulação dos organizadores gráficos virtuais. Exemplos desses recursos já disponíveis para utilização pelos professores são a possibilidade de incrementar mapas conceituais através da utilização de destaques, animações, recursos interativos e hipermidiáticos e o oferecimento de *feedbacks* durante a construção do mapa. (NESBIT; ADESOPE, 2006).

Entretanto, é importante observar que as notas médias de desempenho dos grupos foram relativamente baixas. Nos dois estudos realizados, apenas a turma Controle do Estudo 1, unicamente no pós-teste imediato, obteve um aproveitamento superior a 50% de acertos. Várias hipóteses merecem ser investigadas a esse respeito. Uma delas seria as implicações das diferenças socioeconômicas, culturais e de estrutura educacional disponível existentes entre os estudantes desta pesquisa e aqueles para os quais os testes e textos refutacionais utilizados foram originalmente elaborados. Além disso, fatores não analisados poderiam afetar os resultados, como, por exemplo, o nível de desenvolvimento da habilidade leitora, a prontidão do desenvolvimento cognitivo (AUSUBEL, 2000) e a estruturação dos conhecimentos prévios em relação aos conhecimentos relevantes aos temas de estudo.

Outra hipótese para explicar os escores baixos tem referência nos debates ainda em aberto em relação aos textos refutacionais. Apesar de a meta-análise realizada por Guzzetti et al. (1993) apontar os textos refucionais como estratégias de promoção de conflito cognitivo bastante poderosas, capazes de promover mudanças conceituais identificadas de forma significativa, algumas ressalvas devem ser feitas. De fato, há resultados conflitantes sobre a efetividade desse tipo de estrutura textual apresentada a estudantes do Ensino Fundamental (BRAASCH; GOLDMAN; WILEY, 2013; GUZZETTI et al., 1993).

Existem argumentos de que a inquietação causada pelo conflito cognitivo provocado graças ao texto refutacional não é suficiente para estimular o processo de mudança conceitual em estudantes jovens. Ou, ainda, esse desconforto pode gerar insegurança e inibição dos indivíduos em relação à aprendizagem (MORTIMER, 1995). Isso se daria em função da falta do desenvolvimento da consciência metaconceitual, ou seja, estudantes jovens ainda não estariam tão cientes de que suas explicações para os fatos são hipóteses. O estudante não teria ainda a prática de revisar seus conhecimentos e apenas captaria que seu pensamento é errado, sem entender a razão, uma vez que seus conhecimentos têm se mostrado eficientes no dia a dia (MIKKILÄ-ERDMANN, 2001).

Os ganhos na aprendizagem conceitual foram observados a partir de quatro elementos: a retenção de informações; a habilidade de realizar inferências a partir da compreensão do conceito estudado; a habilidade de aplicar o conhecimento em situações novas; e a modificação do conhecimento prévio em desacordo com as convenções científicas. Como colocado por Diakidoy, Kendeou e Ioannides (2003), o teste utilizado no Estudo 1 apresenta algumas limitações, impedindo conclusões mais profundas sobre a extensão das modificações nas con-

cepções alternativas dos estudantes. Apesar de apresentar questões do tipo inferencial, que teriam mais alcance do que simples questões de recuperação de informação, tais questões eram objetivas ou de respostas curtas, e não foi solicitado que os estudantes dessem maiores explicações sobre suas respostas. Portanto, apenas análises mais profundas sobre o conhecimento dos sujeitos permitiriam afirmações mais concretas sobre uma possível mudança conceitual. A mesma situação pode ser identificada nos testes utilizados no Estudo 2, pois as questões dissertativas adicionadas aos testes originais não foram suficientes para acessar mais profundamente o conhecimento dos estudantes.

Conclusões

A emergência de ganhos conceituais identificada nos dois estudos associada à utilização do software aponta para a importância da experimentação da inserção tecnológica e de abordagens inovadoras nas práticas educacionais. Nesse caso, uniu-se a mineração de textos, a representação da informação por meio de formas textuais e imagéticas e a organização gráfica dessas representações. Além disso, o trabalho de interpretação e edição do grafo poderia estimular a interação do aprendiz com seu material de estudo, pois, nesse processo, o texto escrito vai sendo explorado, reinterpretado e representado de formas diferentes. Por meio de cada modificação realizada, o estudante é levado a pensar sobre o termo, sua ligação com os demais elementos do texto e também sobre as representações imagéticas associadas a ele e suas possibilidades.

No estudo aqui apresentado, tais recursos podem ter atuado como facilitadores da criação de relações de significado, aumentando a substantividade no processo de aprendizagem, isto é, o não condicionamento das novas aprendizagens ao uso exclusivo de um símbolo específico (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). O papel das múltiplas representações oferecidas pela apresentação de dados do programa na aprendizagem de conceitos merece ser investigado com foco maior no processo do estudante em realizar a compreensão/edição do grafo, na modificação das imagens e relações e, enfim, na negociação de sentidos que essa atividade pode proporcionar.

Por fim, é importante elencar as limitações deste trabalho. Os testes utilizados não foram suficientes para identificar com mais profundidade indícios de uma melhora na habilidade de aplicar o conhecimento em situações novas e das modificações realmente transcorridas nas estruturas de conhecimento dos participantes. Outra limitação do estudo refere-se ao tempo de duração das práticas educativas. De maneira geral, foram despendidos em média 200 minutos nas sequências didáticas realizadas entre os testes, divididos em dois momentos intervalados pelo período de uma semana. Esse tempo pode ser considerado curto, em função da complexidade dos conceitos abordados nas intervenções. Também não há simplicidade no processo de aprendizagem, de forma que o tempo de trabalho pode não ter sido suficiente para promover reorganizações dos conhecimentos dos estudantes ou para a detecção de tais reorganizações.

Aprender a partir da leitura de textos é uma habilidade extremamente importante para uma aprendizagem independente, autônoma e autodirigida. Além disso, a compreensão textual tem sido conceituada como um processo bastante ativo por parte do leitor (DIAKIDOY;

KENDEOU; IOANNIDES, 2003). Os textos científicos, por sua vez, apresentam particularidades que afetam esse processo de compreensão e, em última análise, de aprendizagem. Dessa forma, é importante que o educador tenha a clareza de que o texto científico é, como colocado por Klein (2006), uma ferramenta para mediar a construção coletiva do conhecimento, assim como são os recursos tecnológicos. O trabalho apresentado neste artigo pretende contribuir nesse sentido, buscando colaborar com o corpo de conhecimento sobre a aprendizagem de conceitos, em especial no Ensino de Ciências, e sobre a inserção da tecnologia nas atividades instrucionais.

Referências

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge**. Dordrecht: Springer, 2000.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. São Paulo: Interamericana, 1980.

BRAASCH, J. L. G.; GOLDMAN, S. R.; WILEY, J. The influences of text and reader characteristics on learning from refutations in science texts. **Journal of Educational Psychology**, Washington, v. 105, n. 3, p. 561-578, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1037/a0032627>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

BRAVO, B.; PESA, M.; POZO, J. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: un estudio sobre “qué, cuándo y cuánto” aprenden los alumnos acerca de la visión. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 30, n. 3, p. 109-132, 2012. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285686/373658>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. **Experimental and quasi-experimental designs for research**. Boston: Houghton Mifflin, 1963.

CLARK, J. M.; PAIVIO, A. Dual coding theory and education. **Educational Psychology Review**, New York, v. 3, n. 3, p. 149-210, 1991.

COLL, C.; MONEREO, C. Educação e aprendizagem no século XXI: novas ferramentas, novos cenários, novas finalidades. In: _____. (Ed.). **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 15-46.

- COSTA, P. D. S. C.; REATEGUI, E. B. Oportunidades de letramento através de mineração textual e produção de fanfictions. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, Belo Horizonte, v. 12, n. 4, p. 835-859, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbla/v12n4/aop1312.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- DIAKIDOY, I. A. N.; KENDEOU, P.; IOANNIDES, C. Reading about energy: the effects of text structure in science learning and conceptual change. **Contemporary Educational Psychology**, Maryland Heights, v. 28, n. 3, p. 335-356, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0361-476X\(02\)00039-5](https://doi.org/10.1016/S0361-476X(02)00039-5)>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- GIORDAN, M. O computador na educação em ciências: breve revisão acerca de algumas formas de utilização. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 279-304, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200010>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- GUZZETTI, B. J. et al. Promoting conceptual change in science: a comparative meta-analysis of instructional interventions from reading education and science education. **Reading Research Quarterly**, Hoboken, v. 28, n. 2, p. 116-159, 1993. Disponível em: <<https://doi.org/10.2307/747886>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- HATANO, G.; INAGAKI, K. Qualitative changes in intuitive biology. **European Journal of Psychology of Education**, Dordrecht, v. 12, n. 2, p. 111-130, 1997. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF03173080>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- HESSLER, J. C.; REATEGUI, E. Um método para o apoio à leitura baseado no uso de uma ferramenta de mineração de texto. **Renote: novas tecnologias na educação**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 1-10, 2010. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/renote/article/view/18056/10644>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- KLEIN, P. D. The challenges of scientific literacy: from the viewpoint of second-generation cognitive science. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 28, n. 2-3, p. 143-178, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/09500690500336627>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- KLEMMANN, M.; REATEGUI, E.; LORENZATTI, A. O emprego da ferramenta de mineração de textos SOBEK como apoio à produção textual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 20., 2009, Florianópolis. **Anais...** Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1154/1057>>. Acesso em: 18 jan. 2017.
- LALUEZA, J. L.; CRESPO, I.; CAMPS, S. As tecnologias da informação e da comunicação e os processos de desenvolvimento e socialização. In: COLL, C.; MONEREO, C. (Ed.). **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 47-65.
- MIKKILÄ-ERDMANN, M. Improving conceptual change concerning photosynthesis through text design. **Learning and Instruction**, Kidlington, v. 11, n. 3, p. 241-257, 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00041-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00041-4)>. Acesso em: 18 jan. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. Porto Alegre: Editora Pedagógica e Universitária, 1999.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, Dordrecht, v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/BF00486624>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

NESBIT, J. C.; ADESOPE, O. O. Learning with concept and knowledge maps: a meta-analysis. **Review of Educational Research**, Thousand Oaks, v. 76, n. 3, p. 413-448, 2006.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. **Information Visualization**, London, v. 5, n. 3, p. 175-184, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500126>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

ÖZMEN, H. Effect of animation enhanced conceptual change texts on 6th grade students' understanding of the particulate nature of matter and transformation during phase changes. **Computers & Education**, Kidlington, v. 57, n. 1, p. 1114-1126, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.12.004>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

ÖZMEN, H.; KENAN, O. Determination of the Turkish primary students' views about the particulate nature of matter. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, Hong Kong, v. 8, n. 1, p. 1-15, 2007. Disponível em: <http://www.ied.edu.hk/apfslt/v8_issue1/ozmen/index.htm>. Acesso em: 18 jan. 2017.

POZO, J. I. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 17, n. 3, p. 513-520, 1999. Disponível em: <<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21616/21450>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

REATEGUI, E.; KLEMANN, M.; FINCO, M. D. Using a text mining tool to support text summarization. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 12., 2012, Rome. [**Proceedings...**][S.l.]: IEEE, 2012. p. 607-609. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICALT.2012.51>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em química com uma ferramenta de simulação computacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 4, n. 1, 2005. Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART7_Vol4_N1.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2017.

SCHENKER, A. **Graph-theoretic techniques for web content mining**. 2003. Thesis (Doctor of Philosophy) – Department of Computer Science and Engineering, College of Engineering, University of South Florida, 2003. Disponível em: <<http://scholarcommons.usf.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2466&context=etd>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

SCHNOTZ, W. Commentary: towards an integrated view of learning from text and visual displays. **Educational Psychology Review**, New York, v. 14, n. 1, p. 101-120, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1013136727916>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

STERNBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

TYTLER, R.; PETERSON, S.; PRAIN, V. Picturing evaporation: learning science literacy through a particle representation. **Teaching Science**, Deakin, v. 52, n. 1, p. 12-17, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30004071>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Programa de Pós-graduação em Informática na Educação. **SOBEK mining**. Disponível em: <<http://sobek.ufrgs.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**, Kidlington, v. 4, n. 1, p. 45-69, 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)>. Acesso em: 18 jan. 2017.

YORE, L. D.; HAND, B. Epilogue: plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 40, n. 1, p. 93-101, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11165-009-9160-y>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Artigo recebido em 03/02/2016. Aceito em 08/09/2016.

Endereço para contato: Avenida Ipiranga, n. 8445, Jardim Botânico, CEP 91530-001, Porto Alegre, RS, Brasil.