



Implementação e avaliação de um curso sobre matéria e suas transformações baseado na teoria da Aprendizagem Significativa: uma análise a partir de mapas conceituais

Implementation and evaluation of a course on material and its transformations based on Meaningful Learning Theory: an analysis based on conceptual maps

Ariane Baffa Lourenço

Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências
Universidade de São Paulo (USP)
ariane@ifsc.usp.br

Antonio Carlos Hernandes

Instituto de Física de São Carlos
Universidade de São Paulo (USP)

Gláucia Grüninger Gomes Costa

E.E. Prof. José Juliano Neto
Secretaria do Estado da Educação de São Paulo (SEE-SP)
gggcosta@gmail.com

Dácio Rodney Hartwig

Departamento de Metodologia de Ensino,
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)
hartwig@ufscar.br

Resumo

A proposta deste trabalho foi analisar de que maneira alunos, que frequentaram um curso não formal, elaborado com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, elaboram mapas conceituais, e avaliar a contribuição desta ferramenta no processo de aprendizagem dos alunos no referido curso, intitulado “Matéria e suas transformações”. Como instrumento complementar à avaliação, os alunos responderam um questionário dissertativo antes e após o curso e elaboraram um texto livre sobre o que haviam aprendido. Os resultados revelaram que a metodologia empregada facilitou o processo de aprendizagem dos conceitos, a qual foi observada pela comparação das respostas obtidas no questionário inicial e final, e pela qualidade e complexidade dos mapas elaborados, os quais, em sua maioria, apresentavam os conceitos fundamentais para o entendimento dos assuntos estudados, seguindo uma diferenciação progressiva e suas proposições expressavam um significado lógico. Tais resultados indicam que aulas com essa vertente devem ser desenvolvidas mesmo que, a princípio, sejam mais trabalhosas para sua elaboração. Os resultados indicam também que o mapa conceitual pode contribuir significativamente no processo de aprendizagem dos alunos, e que há a possibilidade destes o considerarem como uma ferramenta que pode os auxiliar durante a aprendizagem e não como mais um instrumento de avaliação.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa; mapa conceitual; material.

Abstract

The purpose of this study was to examine how students, who attend a non-formal course, based on David Ausubel’s Meaningful Learning Theory, elaborate concept maps, and evaluate the contribution of this tool in the learning process reported in a course, entitled "Material and its transformations". As a complementary tool for assessment, the students will respond a dissertational questionnaire before and after the course and elaborate a summary about what they had learned. The results revealed that the methodology used facilitated the process of learning the concepts, which was observed by comparing responses obtained in the initial and final questionnaire, and from the elaborated maps quality, which, in most cases, presented the fundamental concepts for the understanding of the subjects studied, following a progressive differentiation and its propositions expressed a logical significance. Such results indicate that classes with such aspect should be developed even if the principle is more laborious for their elaboration. The results also indicate that the concept map can contribute significantly in the process of learning, and that there is a possibility to consider these as a tool that can assist them during learning and not as an assessment tool.

Key words: Meaningful Learning Theory; concept map; material.

Introdução

A proposta deste trabalho foi analisar como alunos, que frequentaram um curso não formal intitulado “Matéria e suas transformações”, formulado com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, elaboram mapas conceituais (os quais,

doravante denominaremos MCs), e avaliar a contribuição desta ferramenta no processo de aprendizagem destes após a conclusão do curso “Matéria e suas transformações”. De acordo com Ausubel, quando se aprende significativamente, os conteúdos são organizados na estrutura cognitiva do indivíduo, de uma maneira hierárquica, em que as idéias inclusivas ocupam o ápice e as demais proposições e conceitos seguem a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, aspectos esses que podem ser observados por meio dos mapas conceituais.

No curso utilizou-se o material argila como recurso facilitador para o desenvolvimento dos conceitos físicos e químicos, uma vez que esse é comum em nosso cotidiano e seu estudo permite, entre outros aspectos, melhorar a compreensão sobre transformações em materiais quando submetidos a ações externas, como força mecânica, luz, água e temperatura, trabalhar com experimentação envolvendo hipótese, observação, medição, classificação, dedução e conclusão, e relacionar de uma maneira interdisciplinar conceitos da área da mineralogia, física, química entre outras (HSU; CHANG, 1995; FORNARO; ESPINOSA; LABORDE, 2005; LOURENÇO, 2008).

O curso foi ministrado por pesquisadores da Universidade de São Paulo a alunos da oitava série do ensino fundamental de uma escola pública do Estado de São Paulo. Ele constava de três módulos sequenciais em que as atividades englobavam aulas teóricas, nas quais foi utilizado o data-show como recurso audiovisual, aulas demonstrativas, aulas experimentais de cunho investigativo e textos de apoio.

Fundamentação teórica

Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da Aprendizagem Significativa foi desenvolvida nos anos 60 pelo psicólogo norte americano David Paul Ausubel (PELIZZARI; KRIEGL; BARON; FINCK; DOROCINSKI, 2002). Ela apresenta um caráter cognitivista e procura explicar os mecanismos internos que se processam na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento, e que ocorrem principalmente em sala de aula. Ausubel focou sua pesquisa nas técnicas e reflexões acerca da aula receptiva, e do tipo de enfoque, cuidado e trabalho ideais que um professor deve ter neste contexto, a fim de propiciar o melhor aprendizado a seus alunos. Nesse tipo de aprendizagem o conteúdo é apresentado na sua forma final, por meio de preleções e outros materiais comumente utilizados em sala de aula (FARIA, 1995), cabendo ao aluno atuar sobre o material, a fim de relacioná-lo a idéias relevantes disponíveis em sua estrutura cognitiva, decidir quais das ideias estabelecidas são convenientemente relacionáveis com as que estão aprendendo, e reconciliar e diferenciar os conceitos novos com os subsunçores (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Quando o indivíduo aprende significativamente, a nova informação apresentada ancora-se por meio de interação a conceitos subsunçores, sendo armazenada de maneira não-arbitrária e substantiva, contribuindo para a diferenciação, elaboração e estabilidade dos subsunçores pré-existentes e conseqüentemente da própria estrutura cognitiva (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980; NOVAK, 1981; MOREIRA, 2006). Há na

teoria de Ausubel dois princípios importantes que ocorrem durante a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

A diferenciação progressiva se dá quando um novo conceito ou proposição é aprendido pelo processo de subordinação, ou seja, há uma interação e ancoragem dos conceitos novos com os subsunçores (MOREIRA, 1999), facilitando o processo de aprendizagem. Na sala de aula a utilização da diferenciação progressiva estabelece que os conceitos devem ser apresentados aos alunos indo do mais geral para os específicos, sendo hierarquicamente diferenciados em termos de detalhe e especificidade (EBENEZER, 1992). Na reconciliação integrativa há uma recombinação dos conceitos na estrutura cognitiva, em que o estudante deve criar e recriar relações conceituais como forma de integrar os significados emergentes de modo harmonioso com os demais (MOREIRA; BUCHWEITZ, 1987).

Há duas categorias de fatores que influenciam a ocorrência da aprendizagem significativa: a intrapessoal e a situacional. A primeira refere-se aos fatores intrínsecos ao ser humano, tendo a estrutura cognitiva e a pré-disposição positiva como elementos principais. A estrutura cognitiva é de suma importância na construção do conhecimento e no processo de elaboração das relações entre os conceitos. Isso porque ao se apresentar um conteúdo novo ao aluno, este se utiliza dos conceitos, concepções e representações adquiridas durante experiências anteriores e que estão presentes em sua estrutura cognitiva, ou seja, os subsunçores, como instrumentos de leitura e interpretação do novo material.

Desta forma, é extremamente importante que o professor faça um mapeamento da estrutura conceitual dos alunos sobre o conteúdo que se pretende ensinar e procure relacioná-lo com o novo. Tal mapeamento pode ser realizado por questionários, MCs, entrevistas e observações diárias (MOREIRA, 2006). A pré-disposição do aluno em aprender também é fundamental, pois sem ela não é possível relacionar o novo conteúdo com os conceitos disponíveis em sua estrutura cognitiva, o que pode gerar uma aprendizagem mecânica, em que a nova informação terá pouca ou nenhuma associação aos conceitos relevantes existentes.

Os fatores situacionais estão relacionados a situações de aprendizagem. Assim, cabe ao professor escolher cuidadosamente os instrumentos de ensino a utilizar, o nível de dificuldade do aprendizado, apresentar os conceitos diferenciados progressivamente e recombinações entre si, ter cuidado no clima da sala de aula e em si mesmo e analisar os materiais didáticos e os programas escolares, pois nem sempre a maneira como os conteúdos são apresentados nesses materiais é adequada para facilitar a interação do conceito a ser aprendido com o conhecimento prévio (PRAIA, 2000).

Mapa conceitual

O Mapa Conceitual tem como objetivo principal representar estruturas conceituais de conhecimento, de maneira a favorecer a aprendizagem dos conceitos. Essa ferramenta foi desenvolvida por Joseph Donald Novak e seus colaboradores durante um estudo em que analisaram entrevistas realizadas com alunos de doze anos de escolarização sobre a natureza da matéria (NOVAK, 1991; NOVAK; CAÑAS, 2006; HWANG, WU e KE, 2011). Com o intuito de encontrar uma maneira de analisar os dados obtidos, os pesquisadores centraram a atenção para três fatores-chaves da teoria de David

Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980): 1) a aprendizagem significativa implica a assimilação de novos conceitos e proposições na estrutura cognitiva já existente, resultando em modificações; 2) o conhecimento organiza-se hierarquicamente na estrutura do indivíduo, e na medida em que se aprendem novos conceitos eles são organizados na estrutura hierárquica existente; e, 3) o conhecimento adquirido por aprendizagem mecânica não é assimilado na estrutura cognitiva, nem modifica as estruturas de proposições existentes. Ao reconsiderar o significado dessas idéias os pesquisadores ensaiaram diversos esquemas, a fim de representar as estruturas de conhecimento apresentadas nas entrevistas chegando aos MCs (NOVAK, 1991).

Três são os elementos básicos que compõem o MC: conceitos, proposições e palavras de ligação. Os conceitos são geralmente representados por uma palavra ou símbolo, inclusos quase sempre em figuras geométricas, ligadas por palavras que os relacionem, formando as proposições (unidade semântica ou unidade de significado) que evidenciam o significado da relação conceitual (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; NOVAK; CAÑAS, 2006). No mapa o mesmo conceito não deve aparecer mais que uma vez, porém podem-se fazer relações cruzadas entre ele e os demais (ARBEA; CAMPO, 2004). Ao se fazer uma relação desse tipo deve-se usar flechas ao final das linhas de ligações, a fim de indicar o conceito inclusivo. Os conceitos devem ser dispostos de maneira que os gerais fiquem na parte superior do mapa e os específicos dispostos hierarquicamente abaixo, seguindo assim a diferenciação progressiva dos conceitos (NOVAK; GOWIN, 1988; ONTORIA, 1995). O aspecto final da estrutura do mapa é a inclusão de exemplos os quais ajudam a deixar claro o conceito estudado (ONTORIA, 1995, NOVAK; CAÑAS, 2006). Nos MCs as relações entre os conceitos podem se alterar em diferentes etapas da aprendizagem, ou seja, qualquer conceito pode elevar-se à posição superior e continuar mantendo uma relação proposicional significativa com os outros conceitos.

O processo de construção dos MCs possibilita aos alunos desenvolverem relações conceituais de uma maneira ativa, construir relações proposicionais entre conceitos que previamente não eram considerados relacionados, perceberem novas relações e conseqüentemente novos significados aos conceitos e compartilharem significados com o professor, possibilitando organizarem seus conhecimentos e refletirem sobre sua estrutura cognitiva (HWANG; WU; KE, 2011). O mapeamento conceitual tem sido usado para facilitar a visão dos professores em relação ao que os alunos sabem sobre o assunto a ser abordado e ao conhecimento adquirido após a instrução (NOVAK; CAÑAS, 2006). Esta ferramenta auxilia os alunos a refletirem sobre a estrutura e o processo de produção do conhecimento (NOVAK, 1988), ajudando a criarem estruturas de conhecimento e as reterem por maiores períodos de tempo (NOVAK; CAÑAS, 2006). Além disso, os MCs podem ser utilizados como instrumento de avaliação e de planejamento do currículo (COSTAMAGNA, 2001; McCLURE; SONAK; SUEN, 1999; RUIZ-PRIMO; SHAVELSON, 1996),

Metodologia

O curso Matéria e suas transformações, ministrado a 48 alunos da oitava série do ensino fundamental de uma escola pública do estado de São Paulo, foi estruturado em três módulos (Quadro 1), num total de 19 aulas, de cinquenta minutos cada, e

elaborado com base na Teoria da Aprendizagem Significativa. Nesse contexto, antes de iniciar as atividades foi identificado por meio de um questionário dissertativo (questionário inicial) o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos: matéria, massa, volume, densidade, cerâmica, argila, porosidade, retração, transformação física e química, os quais são subsunçores para o entendimento das transformações que ocorrem na produção de cerâmica feita de argila.

Quadro 1: Assuntos abordados no curso

	Assuntos abordados
Módulo I: Matéria	Propriedades gerais e específicas
	Estados físicos
	Transformações físicas e químicas
Módulo II: Argila	Composição da argila
	Solo arenoso e argiloso
	Diferença de argila e barro
	Plasticidade da argila
	História do uso da argila
Módulo III: Transformações físicas e químicas na produção de cerâmica	Processo de fabricação de cerâmica
	Tipos de cerâmica
	Retração volumétrica
	Evaporação de água
	Perda de massa
	Eliminação matéria orgânica
	Mudança na coloração das peças de argila
	Resistência mecânica

Os assuntos foram ensinados de forma a seguir a diferenciação progressiva dos conceitos sugerida na teoria de Ausubel. Por exemplo, para discutir as transformações físicas e químicas que ocorrem na produção de cerâmica, inicialmente foi realizado um levantamento das concepções dos alunos, de forma verbal, sobre o que é transformar, depois foram abordadas e discutidas algumas transformações comuns do cotidiano, para em seguida discutirem as transformações que ocorrem na produção de cerâmica como: perda de massa, alteração de cor da peças e eliminação de matéria orgânica. O uso dessa estratégia foi fundamental para que os alunos no decorrer do curso modificassem seu conceito subsunçor “transformação” para um mais elaborado e diferenciado. Esse princípio também foi abordado nos textos de apoio usados ao final de cada módulo para leitura e discussão do conteúdo abordado.

A reconciliação integrativa, outro princípio fundamental da teoria de Ausubel, foi desenvolvida de maneira a explorar as relações entre as proposições e conceitos, destacando-se as similaridades e diferenças entre eles, possibilitando aos alunos reorganizarem os conceitos em sua estrutura cognitiva e atribuírem novos significados. Como os alunos nunca haviam trabalhado com MC foi necessário a realização de uma sequência de aulas introdutórias baseada nas sugestões de Novak (1991). Nessas aulas introdutórias, cada elemento envolvido na criação de um MC: conceito, proposição, palavras de ligação, relação cruzada e exemplos, foi cuidadosamente explicado. Nelas dois MCs foram elaborados, um sobre a água e outro sobre vertebrados, temas escolhidos por serem familiares aos alunos.

Para a construção do MC sobre água adotou-se a estratégia de fornecer as palavras água, estado, sólido, gasoso, líquido, seres vivos, animais e plantas, com as quais se

construiu um único MC na lousa, a partir do qual cada estudante acrescentou mais conceitos e exemplos. O MC de vertebrados foi elaborado tendo como base um texto de oitenta e quatro palavras, desenvolvido por nosso grupo de pesquisadores, sobre o tema. Os MCs construídos foram analisados e discutiu-se com os alunos os problemas apresentados e maneiras de evitá-los. Cabe ressaltar que a análise desses MCs (sobre água e sobre vertebrados) foi realizada dando ênfase à construção e não ao conhecimento específico dos assuntos. Desse modo, os resultados dessa etapa não serão apresentados neste trabalho.

Ao final do primeiro e terceiro módulos do curso os alunos elaboraram MCs que versavam, respectivamente, sobre os domínios: “matéria” e “transformações físicas e químicas na produção de cerâmica”. A análise desses MCs não foi feita no sentido de testar o conhecimento e atribuir notas, mas sim, de obter informações acerca do nível de complexidade do aspecto cognitivo obtido por eles. Para isso os MCs foram analisados observando se as proposições não estavam gerais ou concretas demais, o que poderia indicar erros de compreensão, a disposição hierárquica dos conceitos, o tipo de proposição formada que indica a existência ou não da diferenciação progressiva e a presença ou não de conceitos provenientes do conhecimento prévio dos alunos. As Figuras 1 e 2 ilustram os MCs elaborados pelos pesquisadores sobre os conceitos “matéria” e “transformações físicas e químicas na produção de cerâmica”, respectivamente, e utilizados como referência para a análise daqueles construídos pelos alunos. É importante destacar que em nenhum momento os alunos tiveram acesso aos mapas de referência.

Para facilitar a análise, uma ficha foi elaborada para cada MC construído pelos alunos, com os seis critérios seguintes: a) conceitos básicos - conceitos presentes no mapa de referência; b) conceitos outros - conceitos provenientes do conhecimento prévio dos alunos e que não estavam no MC de referência; c) exemplos dos conceitos; d) proposições válidas; e) proposições inválidas e f) diferenciação progressiva e hierarquia conceitual entre dos conceitos.

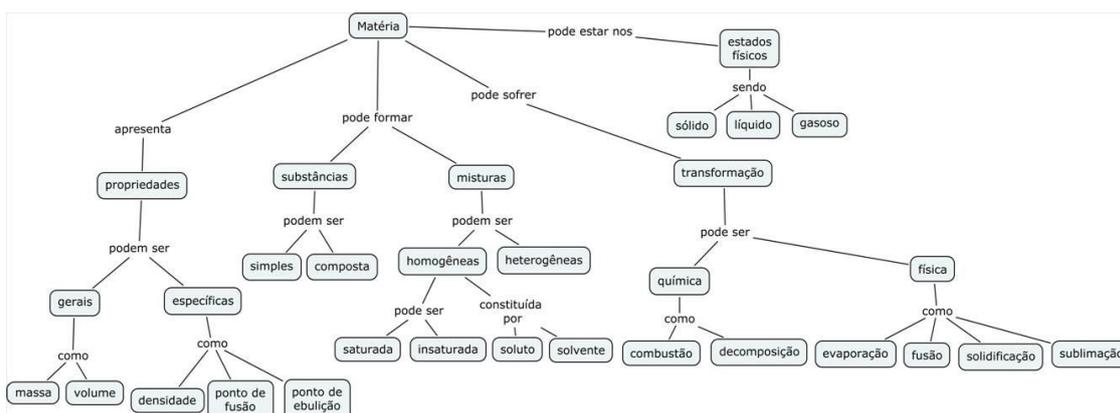


Figura 1: MC elaborado pelos pesquisadores para referenciar a análise do MC dos alunos sobre matéria e suas propriedades.

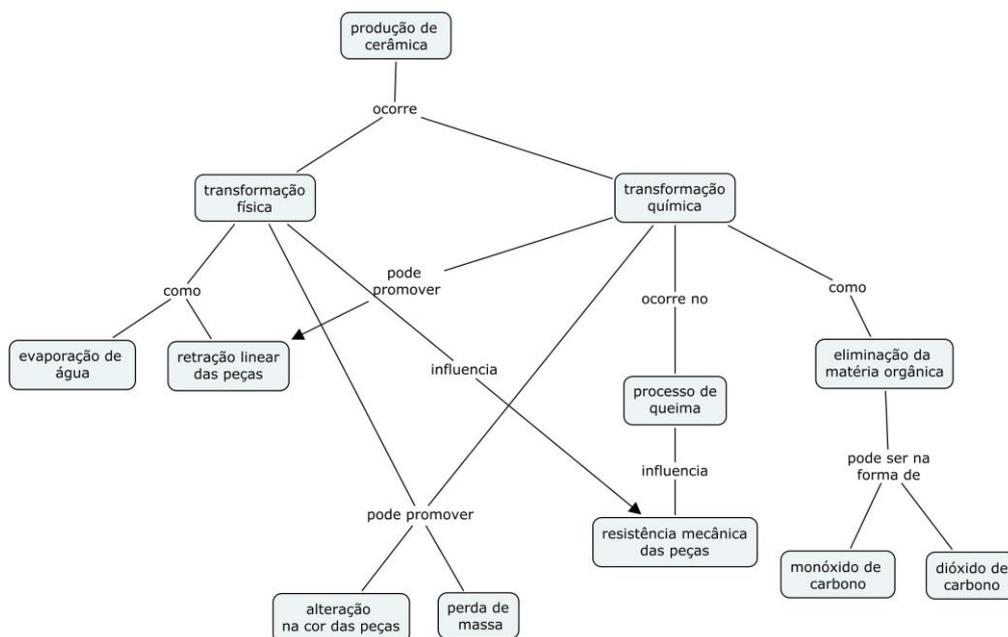


Figura 2: MC elaborado pelos pesquisadores para referenciar a análise do MC dos alunos sobre as transformações que ocorrem na produção de cerâmica.

Os alunos elaboraram seus MCs usando lápis e papel, no entanto, para apresentá-los neste artigo os digitalizamos na íntegra, por meio do software “Cmap Tools”, desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition e que está disponibilizado para download no endereço eletrônico <http://cmap.ihmc.us/> (IHMC, 2009). Como um instrumento complementar de avaliação foi aplicado ao final do curso o questionário usado na identificação do conhecimento prévio, a fim de se comparar as mudanças ocorridas durante o mesmo, e foi solicitado aos alunos que elaborassem um texto livre no qual deveriam escrever o que haviam aprendido no curso.

Resultados

Serão apresentados aqui, os resultados dos alunos que tiveram no mínimo 90% de presença no curso, o que totaliza vinte e cinco alunos. Todos responderam aos questionários e elaboraram o MC sobre as transformações na produção de cerâmica e apenas um não fez o sobre matéria.

Questionário inicial – Conhecimento prévio

Realizar a análise do conhecimento prévio dos alunos foi fundamental, pois foram identificadas algumas concepções errôneas sobre os conceitos investigados, possibilitando um melhor direcionamento das aulas durante o curso. Foram identificados nas respostas, também, definições de conceitos dados a partir da experiência pessoal como “matéria é uma matéria de português, geografia, história”, “massa é usada na fabricação de alimentos como pão, bolo e salgados” e “volume da televisão e rádio”. Algumas questões tiveram um alto índice de respostas em branco, como para os conceitos: densidade, porosidade, retração, transformação física e

química, o qual pode ser observado no gráfico da Figura 3. Esta etapa foi realizada usando um questionário, pois os pesquisadores não haviam um contato prévio com os alunos, no caso de professores da própria turma tal diagnóstico pode ser realizado observando o cotidiano da sala de aula. O importante é que esta etapa seja realizada, pois conforme preconiza Ausubel (1980, p. 625) "... antes de tentar uma experimentação frutífera é necessário especificar e conceitualizar aquelas propriedades da estrutura cognitiva que influenciam a nova aprendizagem e a retenção".

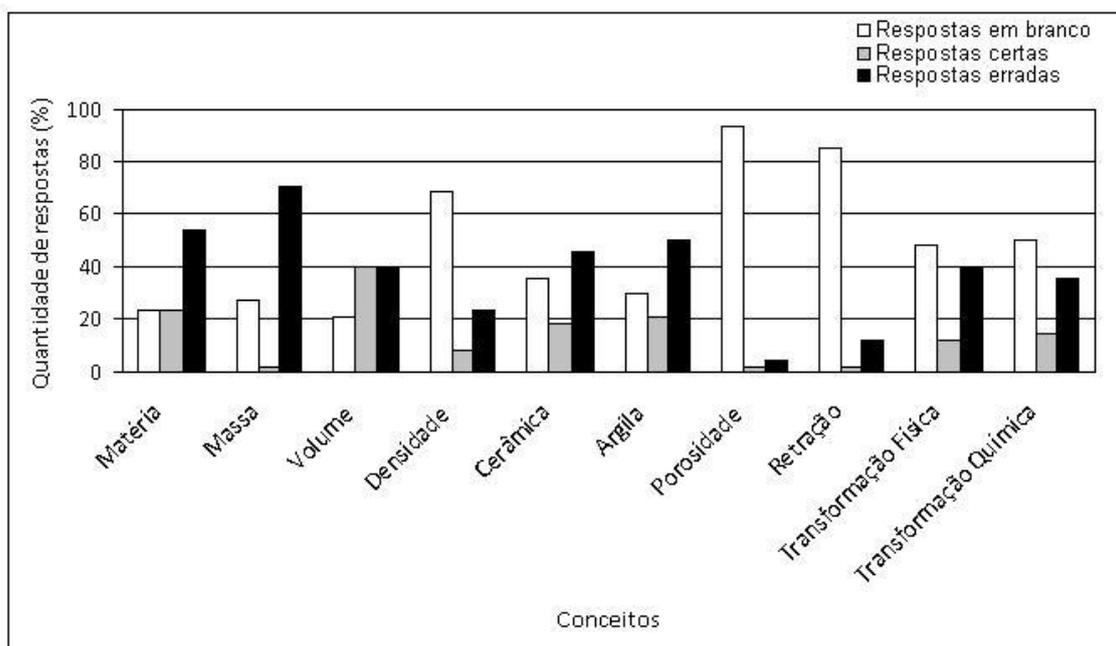


Figura 3: Quantidade, em porcentagem, das respostas obtidas no questionário inicial.

Mapa Matéria

Todos os MCs tinham matéria como conceito de maior nível hierárquico. Um total de 91,6% deles tinham todas as proposições corretas, sendo formadas em sua maioria por conceitos que estavam no MC de referência, ou seja, fundamentais para o entendimento do tema. Conceitos e exemplos provenientes do conhecimento prévio dos alunos também foram identificados, os quais eram diversificados devido à natureza idiossincrática da estrutura cognitiva de cada aluno. Os exemplos referiam-se, em grande parte, aos conceitos de substância simples, composta, mistura homogênea, mistura heterogênea, massa, volume, transformação física, transformação química, fusão e solidificação, e estavam dispostos, em sua maioria, no último nível hierárquico da ramificação correspondente, conforme ilustrado na Figura 4. Tal disposição vai ao encontro da formulação dos MCs (NOVAK; CAÑAS, 2006), a qual apresenta que o aspecto final deles é a inclusão de exemplos para elucidar o conceito estudado.

O fato dos alunos terem apresentados conceitos e exemplos provenientes do conhecimento prévio é um forte indício de que as aulas, os materiais instrucionais, e a utilização dos MCs possibilitaram um ambiente favorável para que esses relacionassem os novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva. Fato que se encontra em estreita harmonia com a teoria da Aprendizagem Significativa, a qual

apresenta que um material de aprendizagem bem organizado pode auxiliar na aquisição e retenção significativa das idéias e informações através da modificação da estrutura cognitiva existente (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

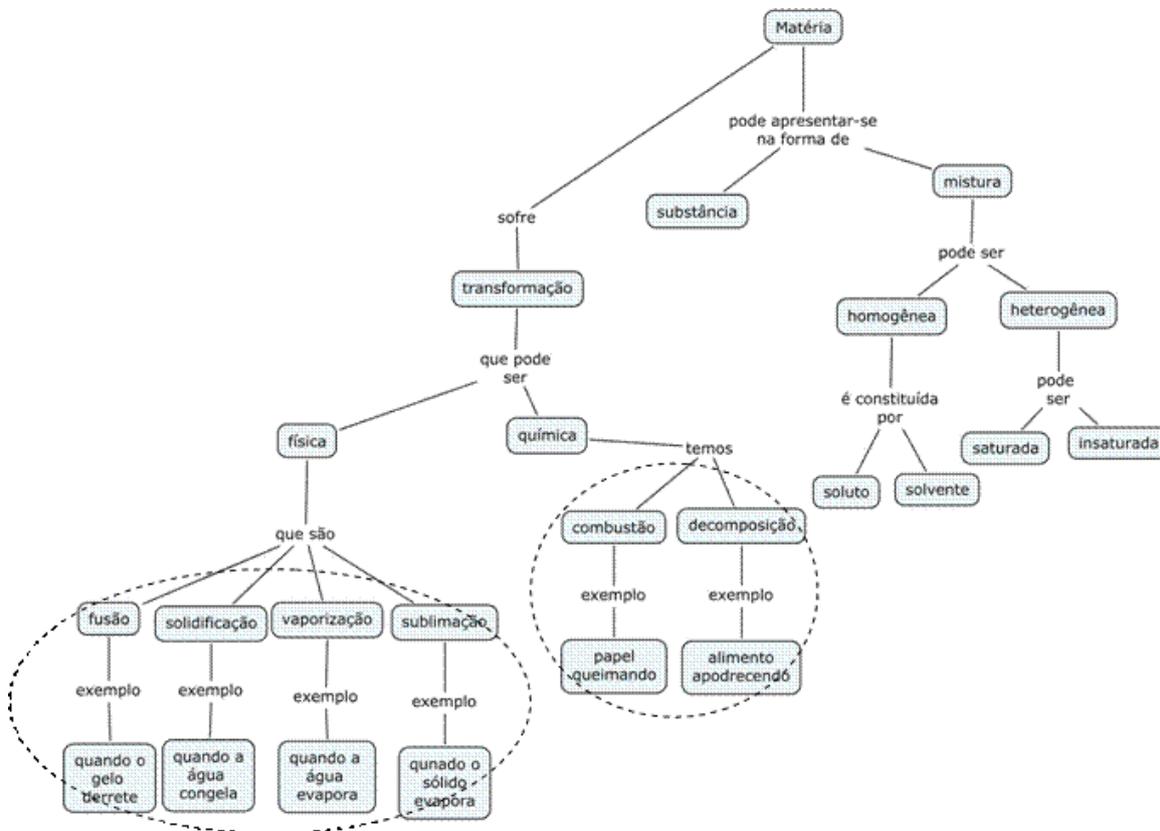


Figura 4: MC com exemplos dos conceitos.

Dos vinte e quatro MCs elaborados, vinte e dois tinham os conceitos mais gerais na parte superior do mesmo e os específicos distribuídos nos níveis hierárquicos abaixo, seguindo assim o princípio da diferenciação progressiva dos conceitos. Os MCs que não seguiram totalmente este princípio foram apenas dois, ilustrados nas Figuras 5 e 6. No mapa da Figura 5, observa-se que os conceitos da propriedade geral estão relacionados erroneamente aos das propriedades específicas e vice-versa e o conceito volume encontra-se subordinado a massa, sendo que esses dois conceitos deveriam estar no mesmo nível hierárquico.

No MC da Figura 6 o aluno não relacionou o conceito matéria aos conceitos homogênea, heterogênea e transformações, subordinando-os erroneamente aos conceitos prata e água. Nesse caso específico o aluno talvez não tenha compreendido a continuidade que se há na leitura de um MC, o que pode tê-lo levado a relacionar erroneamente os conceitos.

Figura 6: MC que não seguiu totalmente a diferenciação progressiva dos conceitos.

Mapa conceitual – Transformações físicas e químicas na produção de cerâmica

Dos MCs elaborados, 64% tinham a argila como conceito de maior nível hierárquico e 36% o conceito transformações, sendo que desses, 33,3% antes de apresentar os eventos relacionados à argila mostraram que as transformações físicas e químicas podem ocorrer em outras situações e não só na produção de cerâmica, como ilustrado na Figura 7. Isso evidencia uma relação dos conceitos abordados no módulo matéria com a temática argila, o que é um forte indício que a metodologia utilizada criou um ambiente favorável para os alunos relacionarem os novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva.

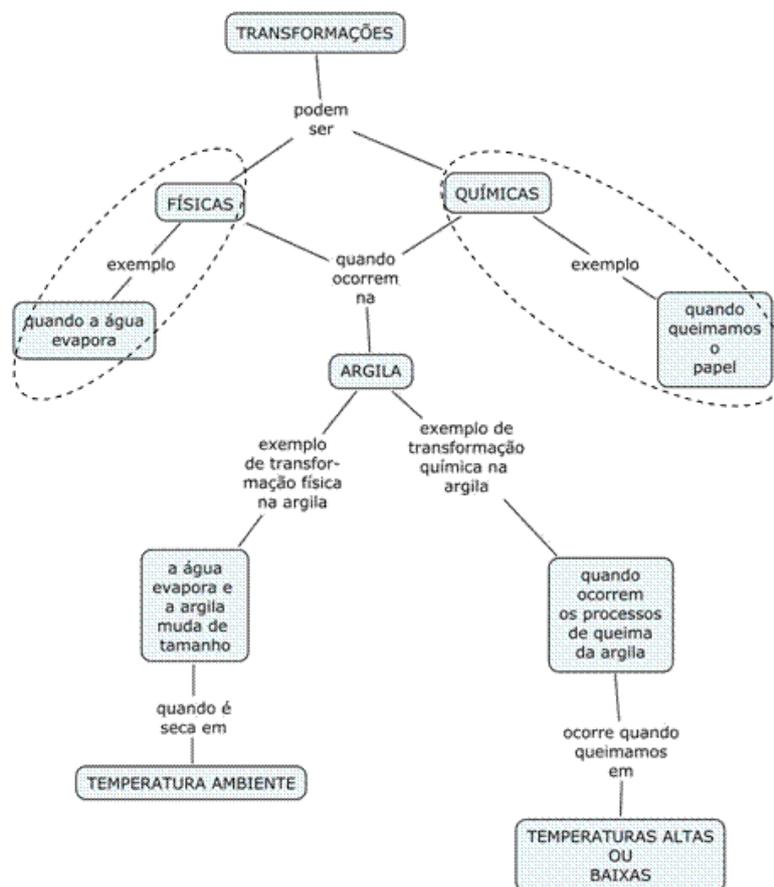


Figura 7: MC que apresenta transformações físicas e químicas dos materiais.

Ao todo, 84% dos MCs apresentaram todas as proposições corretas, no entanto, um, que está ilustrado na Figura 8, apresentou apenas cinco conceitos. Observa-se que mesmo tendo todas as proposições corretas esse MC é pouco elaborado diante do assunto estudado, uma vez que só apresenta um tipo de transformação física e uma química. Já no MC da Figura 9, observa-se que o aluno deu uma maior abrangência aos conceitos apresentados no curso, inclusive relacionou os conceitos massa e alterar sua cor com transformação física e transformação química, promovendo assim uma diferenciação progressiva. Tal resultado encontra-se amplamente fundamentado na

teoria de Ausubel: “Grande parte da aprendizagem significativa que ocorre poderia ser caracterizada como envolvendo a diferenciação progressiva e conceitos e proposições (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 103)”. Nessa aprendizagem ocorre uma incorporação de novas informações aos conceitos ou proposições relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva. Isto é facilmente observado comparando-se os das Figuras 8 e 9. Neste último nota-se que a estrutura cognitiva se amplia de modo organizado, fato este que tende a uma hierarquia conceitual estável. Se considerarmos que a organização da estrutura cognitiva tem certa proximidade com aquela do especialista, então, o MC da Figura 9 mobiliza-se em tal direção.

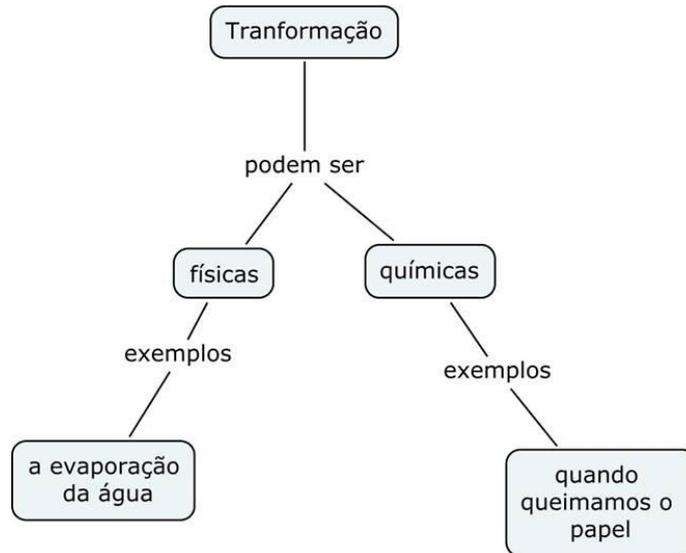


Figura 8: MC elaborado que possui cinco conceitos.

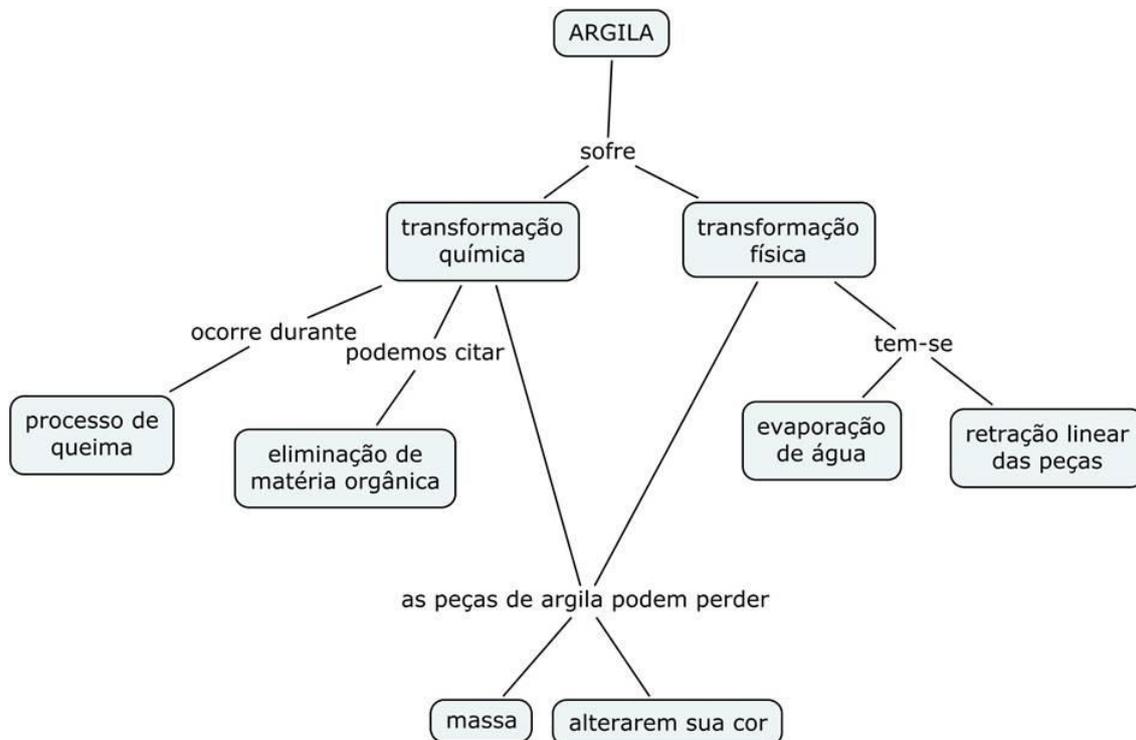


Figura 9: MC elaborado que possui nove conceitos.

Quatro MCs apresentaram exemplos, dos quais 65% eram relacionados a materiais produzidos com a argila como vasos, tijolos, pisos e azulejos, e o restante eram relacionados a transformações química e física que ocorrem nos materiais como a queima do papel e a evaporação de água. Dos vinte e cinco MCs elaborados, vinte e um (84%) tinham os conceitos mais gerais dispostos na parte superior do MC e os específicos distribuídos nos níveis hierárquicos abaixo, seguindo assim o princípio da diferenciação progressiva dos conceitos. Os MCs que não seguiram este princípio foram os que apresentaram proposições errôneas, como o destacado na Figura 10, decorrentes dos alunos terem subordinado conceitos que, dentro do contexto estudado, pertenciam ao mesmo nível hierárquico, como pode ser observado nas proposições e discussões apresentadas no quadro 2.

Quadro 2: Proposições que tiveram problemas de construção

Proposições apresentadas	Discussão
<i>“Transformação física” tem-se a “evaporação de água” e a “retração linear”</i>	Neste caso os conceitos “evaporação de água” e “retração linear”, pertencem ao mesmo nível hierárquico, ou seja, os dois deveriam estar diretamente subordinados ao conceito “transformação física”.
<i>- “podem perder a massa” e também “a sua cor”</i>	O conceito “a sua cor” deveria estar diretamente relacionado aos conceitos transformação física e química e não a “podem perder a massa”
<i>“homogeneização” e “moldagem” “extração”- “beneficiamento”- “queima das peças”</i>	A maneira como os conceitos estão apresentados (Figura 10), tendo inclusive ausência de palavra de ligação, representa como se fosse um fluxograma, o que está incorreto, pois o MC representa a hierarquização dos conceitos e não a sequência que os eventos ocorrem. No entanto, isto pode ter acontecido devido a natureza do assunto abordado, pois se tratava do processo de obtenção de cerâmica
<i>“monóxido de carbono” e “dióxido de carbono”,</i>	Esses conceitos deveriam estar diretamente relacionados com o conceito eliminação de matéria orgânica, no entanto, o aluno subordinou dióxido de carbono que está no mesmo nível hierárquico de “monóxido de carbono”

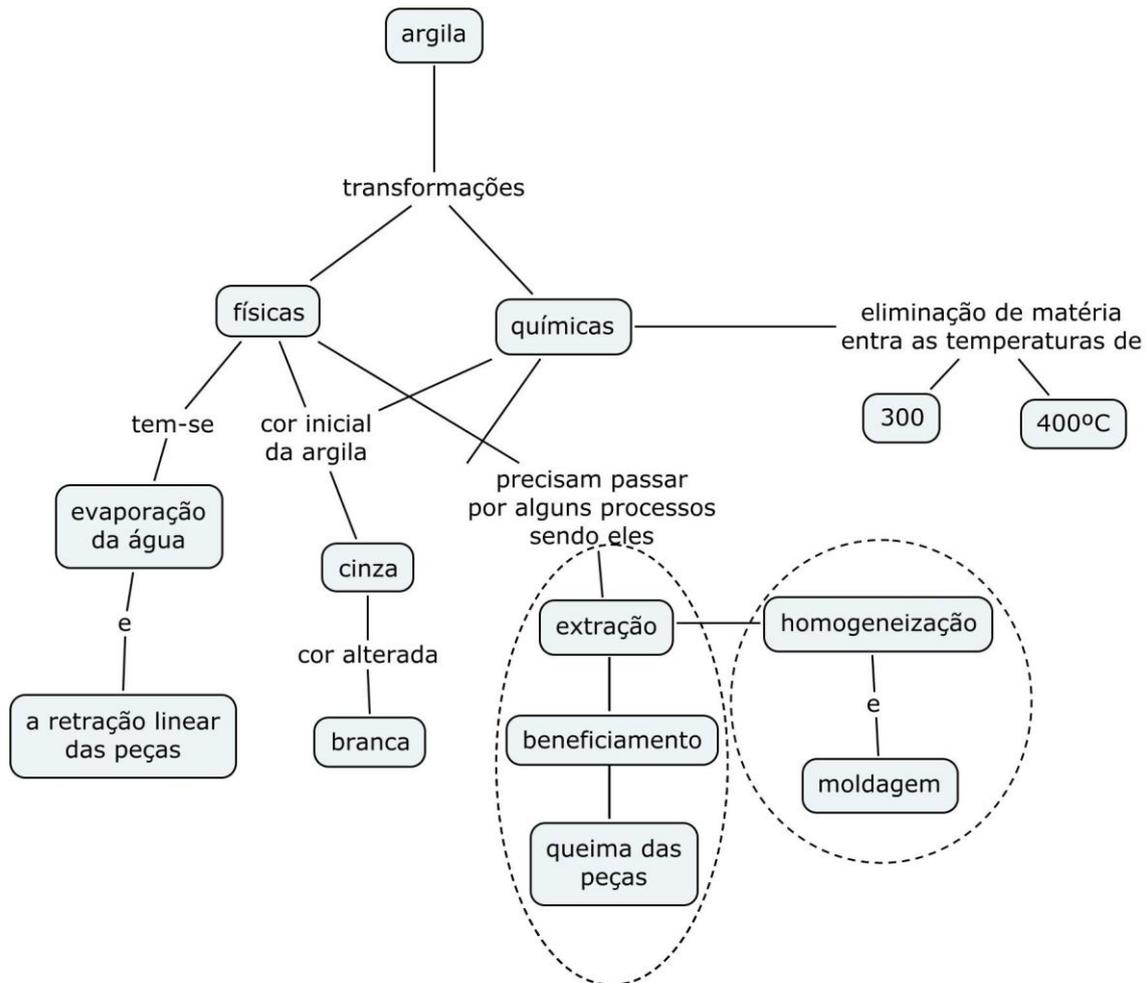


Figura 10: MC elaborado que apresenta relação errônea entre conceitos.

Na Figura 11, apresenta-se um exemplo de MC em que a palavra de ligação está ausente, uma deficiência apresentada em 20% dos MCs confeccionados. Nesses casos, a hierarquia conceitual não foi invalidada, pois mesmo com a ausência da ligação foi possível identificar, devido ao contexto, a proposição que os alunos queriam expressar. Essa ausência, não significa necessariamente falta de atribuição do significado respectivo, pelo contrário, pode indicar que o aluno, por já ter interiorizado de modo claro e estável as palavras de ligação, não sinta necessidade em expressá-las, deixando-as então, implícitas, ou pode ter ocorrido um simples esquecimento da necessidade da palavra de ligação. No entanto, a necessidade de colocar as palavras de ligações foi sempre destacada aos alunos, já que enfatiza a relação entre os conceitos (MARKOW; LONNING, 1998).

Um forte indício identificado nos resultados de que o MC não foi encarado pelos alunos como mais uma ferramenta de avaliação, foi o texto livre que escreveram ao final do curso, no qual destacaram aspectos dos MCs que colaboram com o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos. É importante mencionar que os alunos escreveram por vontade própria sobre os MCs, já que os pesquisadores ao pedirem que fizessem um texto final não mencionaram que deveriam escrever sobre os mesmos. Na análise realizada deles foi possível formar três categorias sobre MC,

sendo: 1) Mapa conceitual como facilitador da relação conceitual, 2) Mapa conceitual como facilitador da aprendizagem e 3) Mapa conceitual como organizador do conhecimento.

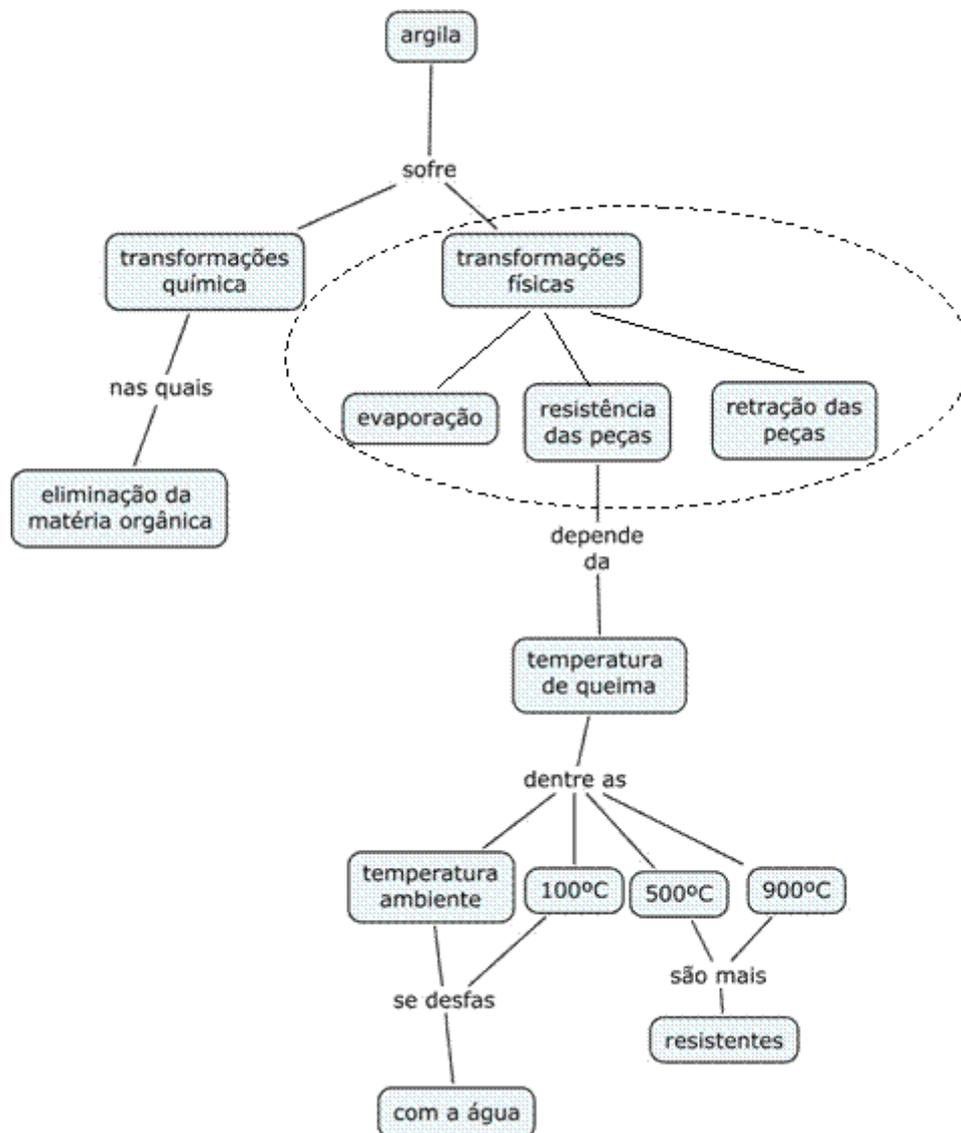


Figura 11: MC em que há ausência de palavras de ligação entre alguns conceitos.

Na categoria 1 “Mapa conceitual como facilitador da relação conceitual”, os alunos o apresentaram como sendo algo em que se fazem relações entre os conceitos, no caso, denominado por eles mesmos como “palavras chaves”, “alguma coisa” ou “item”. A menção dos alunos sobre as relações entre os conceitos, mesmo não usando este termo, evidencia um direcionamento à compreensão deste aspecto fundamental no âmbito de qualquer porção de conhecimento. Este tipo de relacionamento está em estreita concordância com a teoria de Ausubel que fundamenta os MCs, em que, a diferenciação progressiva e a integração reconciliativa são relações unindo conceitos. Nos itens a seguir estão expressos trechos que foram agrupados nesta categoria.

“... Aprendemos a fazer o mapa conceitual que tem “palavras chaves”, e tem outra frase que ligam as palavras.”

“... É muito interessante fazer o mapa conceitual porque cada item liga o outro e tudo fica fácil tendo a orientação das professoras...”

“... Primeiro nós tivemos várias aulas teóricas sobre mapa conceitual, que é uma relação sobre alguma coisa...”

O fato de na categoria 2 “Mapa conceitual como facilitador da aprendizagem”, os alunos terem apresentados os MCs conceituais como facilitador da aprendizagem indica que esta ferramenta estaria funcionando como um suporte para ajudá-los a organizar e estruturar o conhecimento vinculado ao tema trabalhado, como se pode observar nos trechos abaixo.

“... Agora sei o que é mapa conceitual, e pra que serve: ele nos ajuda a explicar um tipo de coisa que é meio complicada, mas com o mapa se torna um jeito mais fácil de entendermos...”

“... Gostei muito dos mapas conceituais, pois é uma forma muito boa de aprendizagem...”

“... Aprendi a fazer um mapa conceitual. E sei que posso aprender muitas coisas novas elaborando um mapa a partir de cada matéria nova da professora e posso até estudar para a prova usando um.”

Na categoria 3 “Mapa conceitual como organizador do conhecimento”, alunos terem mencionado que o MC é uma ferramenta, que serve para organizar o conhecimento, está em acordo com um dos objetivos de se usá-la, o qual é verificar se o conhecimento que os alunos possuem apresenta uma organização mínima, a partir da qual possa ser aprimorada. Nesse processo é possível ao professor conhecer mais fidedignamente o conhecimento de seu aluno, de maneira que possa trabalhar pontualmente na dificuldade de cada um e possibilita uma maior reflexão do estudante em relação aos conteúdos abordados (RYE; RUBBA, 1998). Os exemplos a seguir são ilustrativos do mencionado aspecto:

“... Aprendi a fazer mapa conceitual, não sabia como fazer, e vi que ele pode ajudar a organizar melhor o que está sendo mostrado, e também para entender melhor a matéria...”

“...Aprendemos também, a construir o mapa conceitual, que serve para explicar as coisas de um modo mais complexo, serve para apresentar um trabalho, e entender melhor as coisas...”

Questionário final

Pela análise do questionário final (Figura 12) foi possível identificar uma mudança de concepção dos alunos em relação a determinados conceitos, uma vez que se verificou a ausência de respostas do tipo “massa de comida”, “matéria da escola” e “volume da televisão”, e também um aumento significativo de respostas corretas em relação ao questionário inicial. Além desses aspectos, observou-se um aumento de termos científicos nas respostas dadas, bem como a transposição das transformações que foram discutidas na argila para outros materiais. Isto pode ser observado, por exemplo, para o conceito retração: “Diminuição de algum produto, como na secagem da argila que ela se retrai”, “Retrair algo” e “Diminuição de volume”. Para o conceito densidade, o qual obteve a maior porcentagem de respostas erradas, o fator principal

foi a associação de massa e volume erroneamente, como: “densidade é massa + volume” e “densidade é a multiplicação da massa pelo volume”. No entanto, mesmo tendo algumas respostas erradas e em branco, pode-se inferir juntamente com o resultado dos MCs que a metodologia utilizada no curso, ou seja, as aulas baseadas na teoria da Aprendizagem Significativa facilitaram a aprendizagem dos alunos.

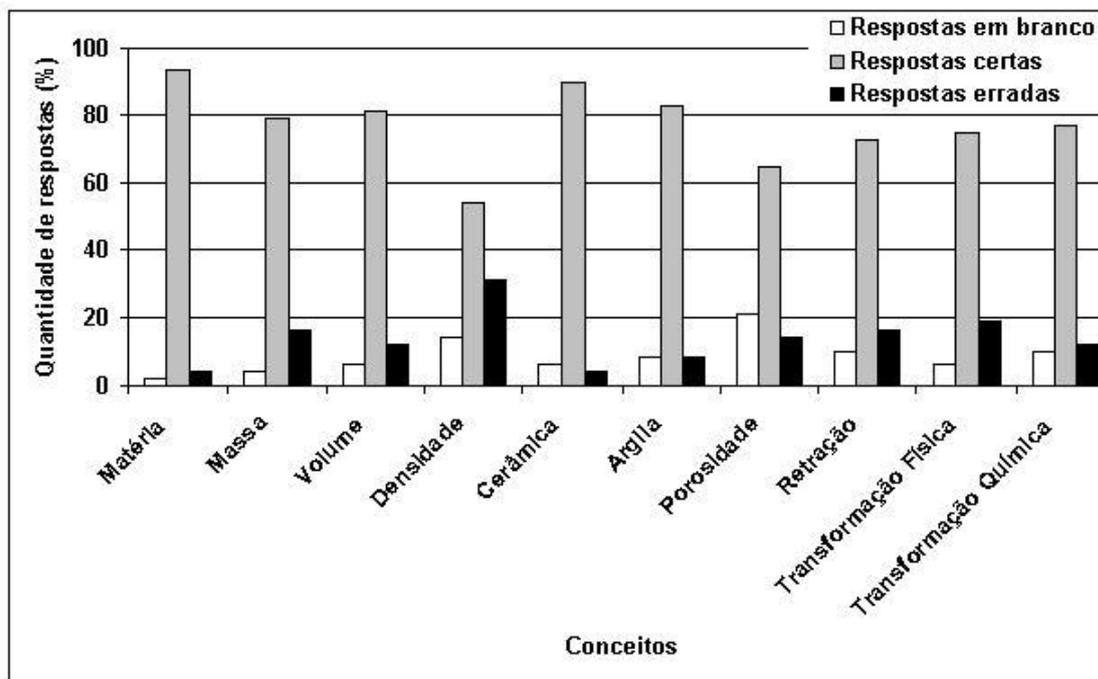


Figura 12: Quantidade, em porcentagem, das respostas obtidas no questionário final.

Conclusão

Um dos aspectos considerado no curso foi o de se ter o devido cuidado para fazer com que fosse amenizada a departamentalização entre as disciplinas, que é muito evidenciada na escola básica e que faz com que o aluno não consiga interligá-las. Assim, o mini-curso “Matéria e suas transformações”, foi desenvolvido de maneira a integrar, interligar, as diferentes áreas do conhecimento. As atividades experimentais, as aulas teóricas e os demais aspectos trabalhados foram estabelecidos de forma a criarem situações nas quais os alunos puderam dar um sentido científico aos conceitos. Isto pode ser verificado por meio da análise dos questionários inicial e final, na qual se pode observar a mudança de compreensão deles, por exemplo, do que é massa, matéria e volume, os quais eram baseados inicialmente no senso comum e passaram a possuir uma definição científica. Além disso, pode-se verificar a existência da transposição das transformações que foram discutidas por meio da argila para outros materiais. Esta observação nos traz muitos indícios de que há fortes contribuições do processo de construção dos MCs no aprimoramento da estrutura cognitiva.

Em relação à construção dos mapas conceituais a análise revelou que os alunos, em sua maioria, relacionaram os novos conceitos com os já existentes, apresentaram aqueles que eram fundamentais para o entendimento dos temas estudados, e os

elaboraram seguindo uma diferenciação progressiva destes elementos. Alguns MCs não apresentaram palavras de ligação entre os conceitos, não formando assim uma proposição, porém, tal ausência não significou necessariamente falta de atribuição do significado respectivo, podendo, em alguns casos, ser decorrente da internalização deste conceito de modo claro e estável, em que o aluno não sentiu necessidade de expressar a ligação, deixando-as então, implícitas. Outro fator pode ter sido decorrente do aluno ter esquecido a necessidade da palavra de ligação.

Pode-se ressaltar, também, que em relação ao MC foi possível trabalhar de maneira que os alunos o compreendessem como uma ferramenta de auxílio à aprendizagem e não como mais uma ferramenta de avaliação. Tal aspecto ficou evidenciando, no texto livre que formularam, pois eles atribuíram ao MC um caráter de facilitador da relação conceitual e da aprendizagem e como organizador do conhecimento.

Diante dos resultados observou-se que desenvolver uma sequência didática baseada na teoria da Aprendizagem Significativa facilita o processo de ensino-aprendizagem criando um ambiente favorável à ocorrência da aprendizagem significativa. Tal organização contribuiu aos alunos reestruturar e refletir sobre os conceitos, os quais são a base do processo de aprendizagem (MOREIRA, 2010). Desta forma, elaborar aulas com essa vertente no início é mais trabalhoso do que quando se utiliza a abordagem tradicional, em que se usa muitas vezes a sequência didática de livros que nem sempre seguem uma diferenciação progressiva dos conceitos, que é deveras importante, porém os resultados descritos neste trabalho são significativos, corroborando com a literatura da importância do uso de abordagens pautadas na teoria de Ausubel em sala de aula. Observou-se, também, que os alunos puderam modificar seu conhecimento de um nível superficial em que a memorização é destaque, para um nível mais complexo de entendimento, em que os novos conceitos, em sua maioria, foram relacionados à estrutura cognitiva de forma não arbitrária e substantiva, o que é um dos parâmetros mais almejados no processo de aprendizagem.

Este trabalho nos forneceu também indicadores de que é possível ao professor trabalhar mapas conceituais com os alunos de maneira que estes o incorporarem no seu processo de aprendizagem. Porém, se faz necessário que ao trabalhar com o MC, o professor deva conhecer as potencialidades, a estrutura e as diferentes estratégias de utilização dos mesmos, pois poderão assim aproveitá-los em sua totalidade, contribuindo a uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010).

Referências

ARBEA, J.; CAMPO, F.D. Mapas Conceptuales y aprendizaje significativo de las ciencias naturales: análisis de los mapas conceptuales realizados antes y después de la implementación de un módulo instruccional sobre la energía. In: **Concept Maps: Theory, Methodology, Technology**, Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping. Pamplona: Spain 2004.

AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

COSTAMAGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. **Enseñanza de Las Ciencias**, V.19, n.2, p.309-318, 2001.

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

EBENEZER, J.V. Making chemistry learning more meaningful. **Journal of Chemical Education**, vol.69, n.6, p.464-467, junho, 1992.

FARIA, W. **Mapas conceituais- aplicações ao ensino, currículo e avaliação**. São Paulo: Pedagógica e universitária, 1995.

FORNARO, L.; ESPINOSA, H.; LABORDE, G. Integrating materials science into the uruguayan currícula. **Journal of Materials Education**. vol. 27, n. 3-6, p. 123-134, 2005.

HWANG, G. J.; WU, P. H.; KE, H. R. An interactive concept map approach to supporting mobile learning activities for natural science courses. **Computers & Education**, vol.57, p. 2272–2280, 2011.

HSU, M.; CHANG, R. P. H. Materials education at the pre-college level. **Materials Science and Engineering**, vol. A 199, p. 1-7, 1995.

IHMC. **Institute for Human and Machine Cognition**. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em 15 de agosto de 2009.

LOURENÇO, A. B. **Análise de mapas conceituais elaborados por alunos da oitava série do ensino fundamental a partir de aulas pautadas na teoria da Aprendizagem Significativa: a argila como tema de estudo**. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARKOW, P. G.; LONNING, R. A. Usefulness of Concept Maps in College Chemistry Laboratories: Students' Perceptions and Effects on Achievement. **Journal of Research in Science Teaching**. vol. 35, n. 9, p. 1015–1029, 1998.

McCLURE, J.R.; SONAK, B.; SUEN, H.K. Concept map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. **Journal of Research in Science Teaching**, vol.36, n.4, p.475-492, 1999.

MOREIRA, M. A. Por qué conceptos? Por qué aprendizaje significativo? Por qué actividades colaborativas? Por qué mapas conceptuales? **Revista Currículum**, vol. 23, p. 9-23, octubre, 2010.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e a sua implementação em sala de aula**. Brasília: UnB, 2006.

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

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ, B. **Mapas conceituais - instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo**, São Paulo: Moraes, 1987.

NOVAK, J.D.; CAÑAS, A. J. La teoría subyacente a los mapas conceptuales y a cómo construirlos. **Reporte técnico IHMC CmapTools**, 2006. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2009.

NOVAK, J.D. Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender- la opinión de un profesor-investigador. **Enseñanza de Las Ciencias**, vol.9, n.3, p.215-228, 1991.

NOVAK, J.D., GOWIN, D.B. **Aprendiendo a aprender**. Barcelona: Martínez Roca, 1988.

NOVAK, J. D. trad. MOREIRA, M.A. **Uma teoria de Educação**, Editora Livraria Pioneira, São Paulo, 1981.

ONTORIA, A. **Mapas conceptuales- una tecnica para aprender**. 5.ed. Madrid: Ediciones Madrid, 1995.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L.; DOROCINSKI, S. I. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, vol. 2, n.1, p. 37-42, julho, 2001-2002.

PRAIA, J. F. Aprendizagem significativa em D. Ausubel contributos para uma adequada visão da sua teoria e incidências no ensino. Orgs. Novak, J. D., et al. In: Teoria da Aprendizagem Significativa. **Contributos do III Encontro Internacional sobre Aprendizagem significativa**. Peniche, p. 121-134. 2000.

RYE, J. A.; RUBBA, P. A. An Exploration of the Concept Map as an Interview Tool to Facilitate the Externalization of Students' Understandings about Global Atmospheric Change. **Journal of Research in Science Teaching**. vol. 35, n. 5, p. 521-546, 1998.

RUIZ-PRIMO, M.A.; SHAVELSON, R.J. Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. **Journal of Research in Science Teaching**. vol. 33, n.6, p. 569-600, 1996.

Submetido em junho de 2010, aceito em julho de 2012.