

Desenvolvimento e Aprendizagem de Conceitos Biofísicoquímicos em Uma Situação de Estudo: mapa conceitual e metaconceitual como instrumentos de investigação*

OTAVIO ALOÍSIO MALDANER¹, LAÍS BASSO COSTA-BEBER², ANIARA RIBEIRO MACHADO³

¹*Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências, Departamento de Ciências da Vida e Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências-Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, maldaner@unijui.edu.br*

²*Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, laisbeber@yahoo.com.br*

³*Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências-Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, aniara_m@hotmail.com*

Resumo. Neste artigo apresentam-se dados de investigação sobre processo de ensino e aprendizagem desenvolvido a partir de atividade curricular temática interdisciplinar e discutem-se fundamentos teórico-metodológicos de desenvolvimento de uma Situação de Estudo (SE) na área do conhecimento das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Apresentam-se resultados de investigação realizada a partir do acompanhamento de aulas de Química e da apresentação de trabalho interdisciplinar durante o desenvolvimento de uma SE em turma de 2º ano do Ensino Médio. Professoras de Biologia, Física e Química desenvolveram uma SE tendo como preocupação central significar o conteúdo “energia” focando diversos processos de interconversões biofísicoquímicos. Com a investigação, foi possível mapear os conceitos relacionados e significados pelos estudantes, os quais foram necessários para o entendimento dos processos focados. A produção de mapas conceituais diferentes, bem como de um mapa metaconceitual, mostrou-se instrumento útil de investigação da situação estudada.

Abstract. This article presents data from research about teaching and learning process developed from an interdisciplinary thematic curricular activity and discusses theoretical and methodological fundamentals of development of a Study Situation in the knowledge area of the Nature Science and their Technologies. Are presented results from research conducted from the accompaniment of Chemistry classes and the presentation of interdisciplinary work during the development of a Study Situation into a class of 2nd year of high school. Teachers of Biology, Physics and Chemistry developed a Study Situation with the central concern to mean the content "energy" focusing various processes of biophysical-chemical inter-conversions. With the investigation, it was possible to chart the related concepts and has a signification attributed by the students, which were necessary for the understanding of processes focused. The production of different conceptual maps, as well as a meta-conceptual map, showed to be an useful instrument of investigation of the situation studied.

Palavras-chave: Investigação em Ensino de Ciências; Interconversões de Energia; Sistemas conceituais.

Keywords: Investigation in Science teaching; inter-conversions of energy; conceptual systems.

INTRODUÇÃO

Discussões acerca de propostas que visam à reorganização do currículo têm se tornado cada vez mais o foco de estudos junto a grupos de pesquisa na área da educação nas Ciências, a

* Este trabalho resulta de reformulação e ampliação de pesquisa apresentada no VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, em 2009 (VII ENPEC, Florianópolis, Brasil).

exemplo do Gipec-Unijuí (Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação nas Ciências, da Unijuí), que vem realizando estudos investigativos tanto na produção quanto no desenvolvimento de Situações de Estudo (MALDANER; ZANON, 2001). Nesse texto apresenta-se resultados de uma das pesquisas desenvolvidas sobre a produção e acompanhamento de currículo organizado em Situações de Estudo (SE) na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – CNT. As SE são produções coletivas com participação de professores de escola e professores e estudantes das licenciaturas e mostram-se promissoras na reorganização curricular na área de conhecimento das CNT (PANSERA-DE-ARAÚJO; AUTH; MALDANER, 2007; AUTH; *et al*, 2009).

Para o presente artigo, foram analisados aspectos do processo de elaboração, reelaboração, desenvolvimento e sistematização da SE **“Interconversões de energia em processos biofísicoquímicos”**, com vistas a responder às seguintes questões centrais de pesquisa: Ao desenvolver os componentes disciplinares de uma área de conhecimento, como a das CNT, mesmo conduzidos por professores graduados cada qual em seu componente (Física, Química, Biologia) é possível contemplar a contextualização e a interdisciplinaridade dos conceitos e conteúdos centrando o foco sobre uma única situação? Os estudantes passam a desenvolver uma atitude inter e transdisciplinar quando lhes é solicitado à produção de um trabalho com essas características? Os professores conseguem reorganizar seus conteúdos sempre com vistas ao mesmo foco?

Era objetivo do grupo tomar consciência sobre movimentos que ocorrem em uma reorganização curricular fundamentada em princípios como a contextualização e a interdisciplinaridade. Outro objetivo era o de identificar e explicitar relações conceituais estabelecidas pelos estudantes através de um instrumento de planejamento e análise como os mapas conceituais.

Na reorganização curricular com base em SE, é pressuposto enfatizar a significação conceitual de forma intencional e sistematizada, que se considera a função central da escola (VIGOTSKI, 2008). É na escola, também, que se deve ensinar conhecimentos que não seriam aprendidos em outros contextos da vida das pessoas, e constituem uma nova forma de pensar o mundo (YOUNG, 2007).

ASPECTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A pesquisa teve como foco a SE **“Interconversões de energia em processos biofísicoquímicos”** que fora desenvolvida nos componentes curriculares da área CNT em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de escola parceira. A análise enfatizou o ordenamento e algumas relações dos conceitos e conteúdos identificados durante a produção da SE, no decorrer das aulas de Química e nas apresentações dos trabalhos interdisciplinares nas interações professora(s)/alunos. Com a intenção de apresentar os conteúdos e conceitos biofísicoquímicos que nortearam o processo de planejamento da SE, elaborou-se um mapa conceitual (figura – 02), a partir de discussões junto a alguns integrantes do Gipec-Unijuí que participaram da construção e reconstrução da SE em primeiro momento. A análise do desenvolvimento da SE em aula teve como foco um dos componentes curriculares, no caso, as aulas de Química, que foram videogravadas e transcritas. Nessa etapa, os conceitos também foram organizados por meio da construção de um mapa conceitual (figura - 03).

O olhar voltou-se também para a significação dos conteúdos e conceitos biofísicoquímicos introduzidos durante a SE, em que o material empírico compreendeu as transcrições das apresentações de um trabalho de pesquisa interdisciplinar encaminhado conjuntamente pelos professores de Biologia, Física e Química. A partir disso, foi construído um mapa denominado metaconceitual (figura - 04), que explicita os conceitos e conteúdos significados de alguma maneira pelos estudantes. Este trabalho de pesquisa encaminhado junto aos estudantes tinha como objetivo avaliar as aprendizagens ocorridas durante a SE, para tanto, foi-lhes solicitado uma produção de pesquisa escolar sobre diversos tipos de energia e suas relações, com a produção de um texto escrito e, depois, sua apresentação oral, em que tinham disponibilidade de projeção com multimídia. Para preservar a identidade dos sujeitos da pesquisa, nos turnos de fala utilizados neste texto, “A” representa aluno e “P” professora.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A criação de núcleos de estudo e pesquisa, envolvendo professores de escolas e formadores de professores, estudantes de licenciaturas e de pós-graduação das áreas de educação e ensino, com vistas à melhoria da educação científica em todos os níveis, vem sendo defendida como projeto fecundo de formação inicial e continuada de professores (BRASIL, 1999; MALDANER; ZANON, 2010). Ao aceitar este princípio, participantes do Gipec-Unijuí vêm

realizando e divulgando trabalhos com o objetivo de contribuir no debate sobre a produção e desenvolvimento de currículos escolares mais consistentes, tendo como base necessidades atuais dos estudantes, como, por exemplo, discutir questões culturais ligadas ao seu contexto tecnossocial. É um grupo que se organiza para desenvolver e pesquisar novas práticas curriculares e modalidades de formação de professores, proporcionando interações pedagógicas formativas de todos os participantes, conforme expresso na Figura 1.



Figura 1: Inter-relações de sujeitos em coletivo organizado

Entende-se por assimetrias todas as interações sociais em que um grupo de sujeitos participantes ou mesmo um membro desse grupo apresenta algum conhecimento ou experiência acumulada de nível mais elevado que os outros grupos ou membros do coletivo. Dessa forma, as interações acontecem em níveis diferentes de compreensão de determinada prática ou teoria e elas estão ora com um grupo de sujeitos, ora com outro. Ao deixar aflorar esse tipo de relações sociais, por natureza, constitutivas dos sujeitos, “(...) a produção intelectual em diversos níveis flui naturalmente nas interações com informações, experiências e conhecimentos diversificados” (MALDANER *et al*, 2007, p. 111). Com isso, o grupo produz material didático mais voltado para situações reais, tornando as práticas pedagógicas mais eficazes nas aulas de Ciências Naturais no ensino fundamental e da área de conhecimento das CNT no ensino médio. Diferente de aplicar orientações curriculares e práticas de formação de professores produzidas em outras realidades, os sujeitos envolvidos nesse processo interativo desenvolvem seus instrumentos teóricos de compreensão nos próprios contextos de atuação.

Cabe destacar que, depois de alguns anos, as interações no grupo, conduzidas com persistência e crescente capacidade teórica, proporcionaram uma organização curricular bastante diferente da tradicional no ensino da grande área das Ciências Naturais. Os conteúdos e conceitos de ciências são introduzidos pela sua contextualização em situações práticas cuidadosamente escolhidas para permitir que processos de significação dos conceitos ocorram. A organização curricular com base em sucessivas SE, resultado desse processo,

[...] envolve contextualização, inter e transdisciplinaridade, abordagens metodológicas diversificadas, orientações curriculares oficiais, conhecimentos prévios dos estudantes e professores, tecnologia e sociedade, tradição escolar e acadêmica, múltiplas fontes de informações e, principalmente, compromisso com o estudo (MALDANER *et al*, 2007, p. 111-112).

Situações de Estudo inserem-se em tendência curricular temática, tais como, temas estruturadores (Orientações Educacionais Complementares em Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias - PCNEM+/CNMT) (BRASIL, 2002); Abordagem Temática na perspectiva freireana (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007); e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (SANTOS; MORTIMER, 2000; AULER, 2002), um movimento curricular mundial na educação em Ciências. As SE tratam de situações reais, com potencial inter e transdisciplinar, que são selecionadas para dar conta de conteúdos e conceitos científicos escolares que os professores compreendem como próximos da tradição curricular. Pela experiência com inovações curriculares, compreende-se que uma ruptura total com essa tradição não tem chances de prosperar em escolas reais. A própria produção de uma SE, envolvendo professores de escola, leva a essa necessidade de contemplar, em algum nível, os conteúdos que fazem parte da tradição cultural escolar.

No desenvolvimento das SE em contexto escolar, busca-se atribuir sentidos e significados aos conceitos necessários para o entendimento de situações reais. Nessa perspectiva, os conceitos e conteúdos vão sendo significados de maneira inter-relacionada, ora no que tange ao sistema conceitual do conhecimento específico de um componente, como Biologia, Física, Geologia ou Química, ora extrapolando para conceitos interdisciplinares e transdisciplinares, envolvendo componentes curriculares tradicionalmente tratados de forma isolada. Propõe-se no ensino médio uma mesma SE para os três componentes da área das CNT, isto é, uma mesma situação é estudada e compreendida sob os diferentes pontos de vista dessas ciências. Assim, a inter-relação

conceitual faz-se necessária e atende a uma nova tendência do pensamento científico, pois, conforme argumenta Edgar Morin (2001), as realidades ou problemas estão “cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários (p. 36)”.

Ao inter-relacionar conceitos e conteúdos científicos escolares de diferentes componentes curriculares, contextualizando-os em situações reais, acredita-se que seja possível contemplar a complexidade de uma situação real. Na abordagem científica escolar tradicional, mesmo que as disciplinas tratem de uma situação prática, fazem-no em momentos e contextos diferentes, sem estabelecer diálogo entre si, fragmentando o que está tecido junto (MORIN, 2001). Como ocorre em qualquer aprendizagem consistente, a nova abordagem curricular exige muito estudo e empenho, não apenas dos estudantes, mas também dos sujeitos envolvidos na construção e reconstrução das SE. Daí a necessidade de grupos de apoio com características interativas e assimétricas, em processo constitutivo fecundo. Os professores não encaram isso como um problema, como eles mesmos manifestam, mas como uma “oportunidade de aprender junto com os seus alunos, mostrando que a amplitude do conhecimento disponível hoje não permite que qualquer ser humano o domine em suas múltiplas dimensões” (KINALSKI *et al*, 2007, p. 364).

A contextualização dos conceitos em um contexto da vivência dos estudantes constitui-se em potencialidade pedagógica ainda pouco explorada pelos currículos tradicionais. A ênfase maior é na aplicação eventual, em contexto prático, de um conceito desenvolvido a partir de definições no campo abstrato. Ao considerar a vivência dos estudantes, introduzindo conceitos científicos para compreendê-la sob o ponto de vista da ciência, propõe-se a tomada de consciência da situação vivida, isto é, a compreensão dela em novo nível de generalidade, conforme entende Vigotski (2008). Segundo esse teórico do desenvolvimento da consciência humana, distante dos conhecimentos do cotidiano das crianças e adolescentes, o ensino de conceitos científicos escolares fará pouco sentido:

(...) o ensino direto de conceitos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril. O professor que envereda por esse caminho costuma não conseguir senão uma assimilação vazia de palavras, um verbalismo puro e simples que estimula e imita a existência dos respectivos conceitos na criança, mas, na prática, esconde o vazio. Em tais casos, [o estudante] (...) capta mais de memória que de pensamento e sente-se impotente diante de qualquer tentativa de emprego consciente do conhecimento assimilado. No fundo, esse método de ensino de conceitos é a falha principal do rejeitado método puramente escolástico de ensino, que substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios (VIGOTSKI, 2001, p. 247).

Vigotski fez investigações sobre a significação de conceitos científicos em contexto escolar e sua relação com a tomada de consciência sobre conceitos do domínio cotidiano. Esse autor defende que a significação e o domínio dos conceitos, cotidianos e científicos, produzem-se por caminhos diferentes, mas que em ambos é crucial o uso da palavra e do material sensorial desde o início dos processos interativos: “O material sensorial e a palavra são partes indispensáveis à formação dos conceitos” (2008, p. 66). A SE, por tratar da vivência dos estudantes e de situações concretas, traz para o contexto farto material sensorial, ao mesmo tempo, há a oportunidade de introduzir palavras novas (conceitos) ou palavras conhecidas, mas com novo sentido em relação ao que lhe é atribuído no cotidiano. Essas palavras vão se tornar conceitos de maior generalidade logo depois. Tal prática pedagógica supera a simples definição do conteúdo dos conceitos por outras palavras, também criticada por Vigotski (2001), por ser inútil e não levar ao pensamento categorial. Ao introduzir as palavras com vistas ao entendimento de uma situação sob um novo ponto de vista – Biologia, Física, Geologia, Química – o processo pedagógico desencadeado pode levar à formação de conceitos, portanto, ao pensamento mais consistente e defensável sobre a situação.

Uma metodologia de ensino, concebida como transmissão/recepção, mesmo que amplamente praticada nas salas de aula, contribui pouco para o processo de formação de conceitos em nível de abstração requerido no pensamento científico sobre o mundo. A pretendida “recepção” dos conceitos e sua assimilação apenas pela definição de seus conteúdos, sem estabelecer relações com compreensões anteriores dos estudantes sobre uma determinada situação, mais do que ineficaz, é rejeitada pelos estudantes. Morin (2001) defende a inter-relação dos conceitos científicos com o cotidiano por entender que qualquer sistema de ideias resiste à informação que não lhe convém ou que não pode assimilar. Assim, quando o professor inicia um estudo com o conhecimento científico que a nada se refere, o estudante tende a rejeitar esse conhecimento que não consegue assimilar. Por isso, entende-se que o conhecimento científico escolar é uma construção que deve ser mediada e negociada com uso de signos apropriados, proporcionando interações entre conhecimento cotidiano, mais próximo dos estudantes, e conceitos e conteúdos científicos, introduzidos no contexto pela ação pedagógica do professor.

Sucessivas SE visam desencadear um processo que produz movimentos que levam ao conhecimento abstrato e à tomada de consciência dos conhecimentos da vivência, conforme

propõe Vigotski (2001). Isso supera, também, a compreensão, muito em voga nos anos oitenta e noventa do século passado, de que o processo escolar devesse produzir a mudança conceitual, substituindo os conhecimentos prévios dos educandos por outros conhecimentos, estes derivados da ciência. Estudos realizados no final dos anos noventa (MORTIMER, 1994) mostram que isso não acontece. Pode acontecer, conforme propõe Mortimer, a “mudança do perfil conceitual”, caminhando para maior racionalidade e maior abstração, sem, contudo, haver a substituição de um tipo de conhecimento por outro.

Evidenciou-se que o desenvolvimento de um currículo fundamentado em sucessivas SE vem mostrando diversas potencialidades pedagógicas, mesmo que algumas dificuldades e obstáculos persistam. Dentre os obstáculos, um dos que mais dificulta a aprendizagem dos conteúdos e conceitos científicos escolares é permanecer na tentativa de explicar uma situação real apenas com base em características aparentes, sem empreender esforço no sentido de entender o que produz o fenômeno, que no campo da Física e da Química deve ser buscado nas interações submicroscópicas dos constituintes da matéria. Segundo Lopes com base em Bachelard (2007, p. 40), a Ciência não “trabalha com o que se encontra visível na homogeneidade panorâmica. Ao contrário, é preciso ultrapassar as aparências”.

Toda ciência é uma forma de organização intelectual que envolve outra ordem de realidade, que exige uma racionalidade diferente; trata-se de uma “realidade criada”, conforme expressão de Bachelard. Ao se prender ao conhecimento cotidiano, que percebe o mundo por meio dos sentidos, o pensamento estabelecido não vai além do aparente, do real percebido, o que não caracteriza um pensamento científico. Para entender as situações reais ou a realidade dada, sob a razão do conhecimento químico, é necessário que a ação pedagógica mobilize mais do que conceitos isolados, mas um sistema conceitual específico para determinado conteúdo ou situação dada. Por hipótese, é isso que se busca com a SE.

Nas ciências, a aprendizagem do conhecimento “implica aprender conceitos que constroem e colocam em crise conceitos da experiência comum. Isso não significa, por sua vez, o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre conhecimento comum e conhecimento científico (LOPES, 2007, p. 53)”. Com isso não se deseja menosprezar o conhecimento do senso comum em relação ao científico, pelo contrário, é nas inter-relações de ambos e em movimentos de sentido inverso e complementar que o conhecimento escolar se constitui: ascendente, do

conhecimento do senso comum para novos níveis de abstração, e descendente do conhecimento científico abstrato para a concretude do real ao qual se refere (VIGOTSKI, 2008). O pensamento abstrato, que caracteriza o conhecimento científico, adquire concretude com o conhecimento do senso comum. Trata-se de razões diferentes que, essencialmente, devem estar presentes em sala de aula.

Para abordar aspectos que caracterizam o conhecimento científico, é preciso atribuir significados a conceitos que vão permitir o pensamento muito especial sobre o mundo material com o qual lidam as CNT. Parte-se da hipótese de que é na contextualização dos conteúdos científicos em situações concretas que os conceitos podem ser introduzidos de forma a mantê-los dentro de um sistema no qual se encontram super e sub-ordenados (VIGOTSKI, 2001). Segundo este autor, a relação entre o objeto e o conceito científico

pressupõe necessariamente a existência de relações entre os conceitos, ou seja, um sistema de conceitos. Desse ponto de vista, poderíamos dizer que todo conceito deve ser tomado em conjunto com todo o sistema de suas relações de generalidade, sistema esse que determina a medida de generalidade própria desse conceito (p. 294).

A significação de conceitos, conforme propõe Cavalcanti (2005), fundamentada em Vigotski, viabiliza-se nas diversas situações enfrentadas na vivência dos sujeitos em que a atividade intersubjetiva propicia a apropriação de significados da linguagem. Cabe à escola realizar as mediações necessárias para possibilitar o desenvolvimento do pensamento conceitual, que permite uma mudança na relação cognitiva do homem com o mundo, contribuindo para a constante recriação da cultura na melhoria da qualidade de vida dos humanos e de seu entorno.

Entendendo que o conhecimento científico escolar dá-se por processos de significação na inter-relação conhecimento científico e cotidiano em situações reais, os conceitos científicos podem ser contextualizados em múltiplas dimensões no ensino médio através de diversos componentes disciplinares de uma área e dentro de um tempo/espço próprio da organização curricular escolar, como um bimestre ou um trimestre. Cada componente exige seu próprio sistema conceitual, cujas fronteiras são constantemente rompidas ao se voltar, num constante esforço pedagógico, portanto, intencional e sistemático, para a mesma situação em estudo. Em alguns momentos as relações conceituais entre a Biologia, a Física e a Química não são estabelecidas pelos professores, mas pelos estudantes, como mostram estudos já realizados (AUTH; *et al*, 2009). Segundo Wendt e Schroeder (2010), a necessidade de encontrar uma forma

melhor de representar o entendimento conceitual dos estudantes fez com que Novak e Cañas (2009) propusessem a sistematização em mapas de conceitos. Moreira e Rosa (1986, p. 17) compreendem mapas conceituais, como “diagramas indicando relações entre conceitos. Mais especificamente, podem ser vistos como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte dela, ou seja, derivam sua existência da estrutura conceitual de uma área de conhecimento”.

Na tentativa de distinguir de mapas conceituais, utilizamos o termo “metaconceitual”. Isso porque ele foi construído a partir de operações metacognitivas e não pelos conceitos que estruturam os diferentes componentes curriculares, ou seja, com a intenção de tomar consciência do pensamento realizado pelos estudantes, que é formado pelas relações conceituais por eles estabelecidas. Através da metaconsciência pode-se ter

acesso consciente à rede de relações que articulam (...) conceitos entre si. Com base em operações metacognitivas, seria provavelmente possível que o sujeito tornasse explícito, para si próprio e **para os outros** as relações entre seus conceitos e teorias. A ação metacognitiva favoreceria, pois, uma organização do conteúdo das teorias para torná-las mais consistentes e mais úteis à predição de eventos e ao controle da realidade. Por outro lado, à falta de procedimentos metacognitivos, o sujeito não se daria conta das teorias subjacentes à organização de seus conceitos, ‘submetendo-se’ ingenuamente a concepções teóricas que, em certo sentido, são por ele ignoradas (OLIVEIRA, 1999, p. 84, grifo nosso).

A produção de um mapa metaconceitual pode considerar-se um instrumento de pesquisa do pesquisador ou dos professores com a intenção de refletir sobre as significações conceituais realizadas pelos estudantes e com isso avaliar o nível de aprendizagem significativa (inter-relacional) atingido. Esse mapa se configura através da análise das compreensões dos alunos, sob o ponto de vista das Ciências, sobre diferentes tipos de energia, explicitadas nas apresentações de um trabalho de pesquisa com propósito interdisciplinar. A elucidação dos sistemas conceituais, de desenvolvimento da SE em aula e de possíveis aprendizagens produzidas pelos estudantes, pode ser pensada como uma possibilidade de tomada de consciência individual e coletiva sobre muitas relações conceituais e até de dificuldades quanto aos significados e sentidos atribuídos aos mesmos. A realização de processos metacognitivos, ao investigar a respeito do processo de significação conceitual, é uma importante operação mental na medida em que os indivíduos afastam-se do mundo da experiência e vão em direção ao pensamento cada vez mais abstrato devido à intencionalidade e sistematicidade que passam a ser atribuídas aos processos cognitivos.

O último ano do ensino médio, em que foi realizada a pesquisa, coincide aproximadamente com os anos finais da adolescência. Segundo Vigotski, é no final da adolescência que a criança pode chegar ao pensamento por conceitos, o que equivale a dizer que toma consciência de seu próprio pensamento. Vigotski considera que esta é sua tese mais básica ao concluir sua investigação sobre a evolução do intelecto humano afirmando: “A conclusão mais importante de toda a nossa investigação é a tese basilar que estabelece: só na adolescência a criança chega ao pensamento por conceitos e conclui o terceiro estágio da evolução do seu intelecto” (VIGOTSKI, 2001, p. 228). A construção de um mapa metaconceitual, a partir da relação de conceitos estabelecida após a significação dos sistemas conceituais em aulas de Biologia, Física e Química, pode dar pistas sobre o nível de aprendizagem conceitual produzida pelo grupo de estudantes com os quais foi feita a investigação e servir de base para o replanejamento da SE por parte dos professores.

Ao considerar conceitos não como entidades isoladas, mas como elementos de um sistema complexo de inter-relações, em que eles estão encrustados em teias de significados, é possível identificar “supostos ‘estados conceituais’ de sujeitos em dados momentos de seu desenvolvimento e o mapeamento de sua rede de conceitos em determinada esfera do conhecimento” (OLIVEIRA, 1999, p. 62). Este mapa passa a ser referência e instrumento de reflexão entre os membros do grupo proponente da SE com a finalidade de sua re-estruturação e autoavaliação, formação inicial e continuada de professores. O mapa pode ser pensado como uma ação metacognitiva para promover reflexões e tomar consciência dos processos cognitivos que foram desenvolvidos durante as aulas (OLIVEIRA, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A SE “**Interconversões de energia em processos biofísicoquímicos**” teve como foco o conceito “energia”, o qual é entendido como um “conceito unificador” (ANGOTTI, 1991; AUTH, 2002). O conceito energia pode ser considerado unificador na medida em que constitui um conceito central da área das Ciências Naturais, que possibilita “associar conhecimentos até então tidos como separados” (AUTH, 2000, p. 69). Para Wirsbicki (2010, p. 56) “o conceito ‘energia’, além de estabelecer relações com vários conhecimentos da área, abre possibilidades de relacioná-lo com outras áreas”. Os PCNEM⁺ (BRASIL, 2002, p. 29) destacam energia como “um exemplo importante de um conceito comum às distintas ciências, instrumento essencial para

descrever regularidades da natureza e para aplicações”. Este documento sugere o estudo do conceito energia como tema estruturador na área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; no ensino de Física, “Calor, ambiente e usos de energia” (BRASIL, 2002, p. 71) e de Química, “Energia e transformação química” (idem, p. 93). A escolha de um tema que possibilita estabelecer relações diversas entre componentes curriculares, especialmente, da área das CNT, facilita a organização de um currículo em SE com características interdisciplinares e ao mesmo tempo, permite atender importantes conteúdos escolares tradicionalmente desenvolvidos no Ensino Médio. Portanto, a determinação do tema constitui um importante passo na produção da reorganização curricular.

Algumas relações conceituais que podem ser estabelecidas com o conceito energia foram apontadas durante a participação em reuniões e discussões de planejamento da construção e reconstrução da SE. A partir dessas reflexões, foi produzido um mapa conceitual (figura 02), o qual apresenta os conceitos centrais que deveriam ser desenvolvidas na SE.

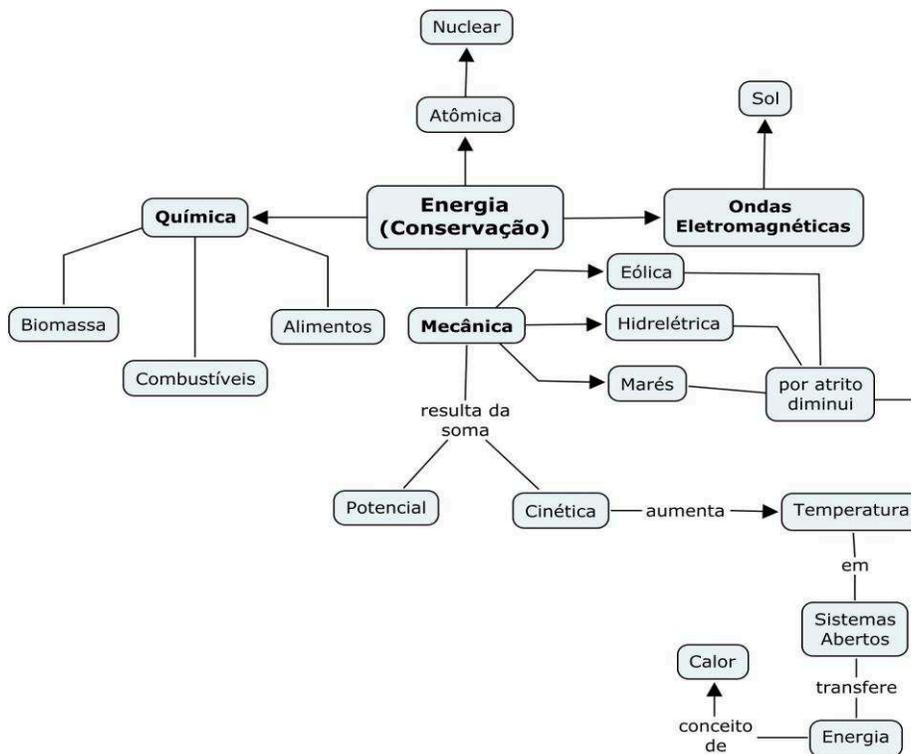


Figura 02: Mapa conceitual norteador no processo de planejamento da SE Interconversões de energia em processos biofísicoquímicos.

O estudo foi pensado a partir de quatro enfoques centrais sobre energia: mecânica, química, atômica e eletromagnética, conteúdo presente em diversos momentos no ensino Médio. O princípio de Conservação da Energia passou a ser central na composição da SE e os diversos componentes disciplinares da CNT teriam isso sempre presente, embora os fenômenos energéticos, unificados na palavra biofísicoquímicos, seriam diferentes, bem como, as implicações tecnológicas. Outro aspecto central era a diferenciação entre temperatura e calor. Conforme Barros (2009), a significação desses conceitos representa uma dificuldade tradicional dos estudantes, o que pode ser superado pela explicação em nível molecular dos fenômenos. Dessa forma calor é compreendido como um processo de transferência de energia por diferença de temperatura entre sistemas, não mais como uma forma de energia.

A partir do sistema central de conceitos da SE, o grupo de pesquisa elencou, em cada componente curricular, diversos conceitos considerados necessários para a compreensão da situação em estudo. Além desses conceitos apontados durante o planejamento, muitos outros foram introduzidos pela necessidade gerada a partir das interações professor-aluno e aluno-aluno. O acompanhamento das aulas de um dos componentes curriculares durante o desenvolvimento da SE, em aproximadamente três meses, possibilitou a construção de um mapa conceitual (figura 03) que representa os conceitos desenvolvidos nas aulas de Química, em que o foco de estudo foi a Energia Química.

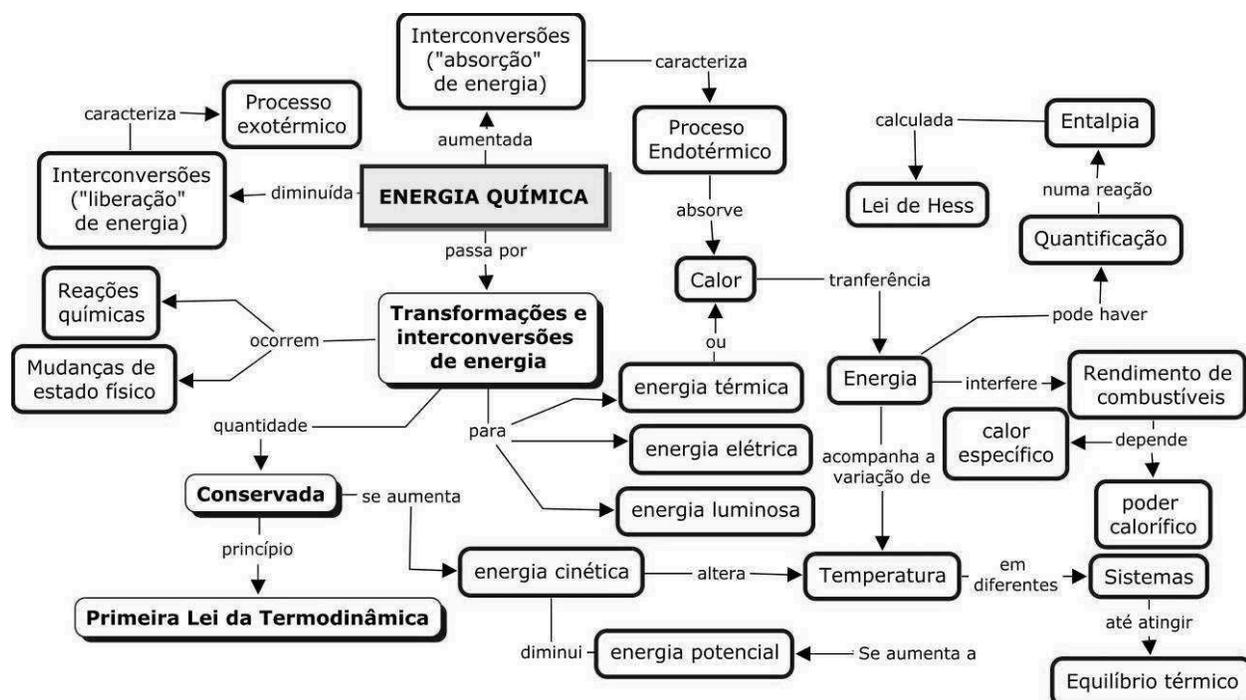


Figura 3: Mapa conceitual energia química

É possível perceber a riqueza conceitual envolvida em um currículo organizado por SE. Evidencia-se o potencial que possui o estudo que envolve um conceito unificador, pelas diversas possibilidades de desenvolvimento de conteúdos e conceitos disciplinares e interdisciplinares, no que se refere à quantidade e às relações estabelecidas entre eles. Estudos demonstraram que em diferentes turnos de fala “a professora aponta possíveis conteúdos dos outros componentes e retoma conceitos da Química, contribuindo para a tomada de consciência dos estudantes da situação sob estudo” (COSTA BEBER; MALDANER, 2008, p. 1). O que mais se observa é que os conceitos são contextualizados, seja pela retomada ou pela introdução, para explicar o experimento ou situações cotidianas; essa forma de desenvolvimento dos conteúdos e conceitos é adotada em todos os momentos durante o desenvolvimento da SE.

Coerente com a SE em desenvolvimento, que teve como foco significações de processos biofísicoquímicos envolvidos em mudanças de alguma forma na matéria, o estudo em química foi iniciado com a introdução dos conceitos de transformação e conservação de energia. A essa altura da iniciação química, a ideia de transformação e conservação de massa em processos químicos é bem conhecida pelos estudantes; energia química é um conceito central nesses processos.

Introduzido, inicialmente, com significados mais próximos do senso comum, este conceito pode evoluir muito no decorrer das aulas, pois há oportunidade de ser retomado muitas vezes quando novos entendimentos podem acontecer. De fato, isso aconteceu com frequência, pois a atenção estava voltada para compreender que transformações na matéria são acompanhadas de efeitos energéticos ou que efeitos energéticos implicam alguma transformação na matéria. A Primeira Lei da Termodinâmica passou a ser importante fator de ordenamento.

Para criar um contexto inicial que permitisse introduzir os conceitos necessários à produção de sentidos e significados para o conceito **energia química**, a professora realizou três atividades experimentais com transformações evidenciadas na matéria acompanhadas de fenômenos de energia: aquecimento do sulfato de cobre (II) penta-hidratado e sua dissolução em água; medição do calor envolvido na combustão do álcool e do amendoim, com o auxílio de um calorímetro, envolvendo controle da quantidade de energia térmica desenvolvida; dissolução de hidróxido de sódio em água. Em investigações anteriores, constatou-se que atividades experimentais, “proporcionam diálogos mais fáceis e intensos entre professora e estudantes; favorecem a produção de sentidos e significados para conceitos envolvidos (...)” (COSTA BEBER; MALDANER, 2008, p. 1) e “são importantes, porque facilitam a manifestação de conhecimentos prévios e a significação dos conhecimentos científicos escolares”.

Com a atividade experimental, professor e alunos têm o mesmo objeto referente na transação de significados e sentidos. Corrobora-se nesse sentido com Mortimer (2010, p.185) que destaca que é “o diálogo, que constitui inevitavelmente toda experiência de aprendizagem. Aprender é dialogar com a palavra do outro”. Dessa forma, traz para o contexto um objeto sensorial para o qual se voltam atenções dos estudantes e professor, ao mesmo tempo em que se discutem efeitos e se introduzem palavras que representam os conceitos necessários para o seu entendimento. A utilização de palavras da linguagem científica pelos estudantes constitui o foco das aulas, pois demonstra que houve significação de conceitos, pelo menos inicial. Além disso, a introdução de conteúdos para explicar situações reais estabelece relações conceituais, o que contribui para manter os conceitos em seu sistema, rompendo com a característica fragmentada do currículo tradicional. A relação com o cotidiano produz uma formação humana e social relevante, amplia e enriquece **relações** entre os diversos componentes disciplinares na área das CNT (MALDANER et al, 2007). Assim, essa prática é sempre incentivada nas SE.

Para a realização do primeiro experimento, palavras como combustão, temperatura, ambiente, substância, evaporação são utilizadas, mas não ocorre sua definição, nem a relação com o conceito energia química. Mesmo assim, esse processo é muito importante para iniciar a significação de conceitos, pois, segundo Vigotski (2008), a posse da palavra é o primeiro passo para que o significado do conceito comece a evoluir. Além disso, muitos desses conceitos já haviam sido abordados em situações anteriores, neste caso, a retomada dos conceitos em novos contextos possibilita a evolução do significado dos mesmos. Ao adicionar água ao sulfato de cobre (II) anidro, a coloração azul que aparece é relacionada à re-hidratação do sulfato de cobre e a solução aquosa resultante é explicada pela dissociação/solvatação de íons, enquanto a desidratação do sulfato de cobre (II) penta-hidratado é condicionada ao fornecimento de energia. A professora lembra que os conceitos endotérmico e exotérmico já haviam sido introduzidos em aula anterior e questiona:

“P: Esse seria um processo endotérmico ou exotérmico? Do sulfato de cobre, desse sistema aqui. Não da lamparina a álcool, que daí vocês podem... Tem dois sistemas!”.

O conceito **sistema** é essencial para o entendimento do conceito da variação de energia química nas transformações. Os estudantes dizem que a desidratação do sulfato de cobre é um processo endotérmico, porque absorve calor. O que é trocar uma palavra por outra, não constituindo atribuição de significado ao conceito calor. Conceitos científicos escolares, como processos endotérmicos e exotérmicos, podem ser relacionados com a Primeira Lei da Termodinâmica, superando a ideia prévia de produção e consumo de energia. O conceito sistema, pela ênfase dada pela professora, pode ter adquirido algum significado, incluindo a ideia de energia transferida entre sistemas com temperaturas diferentes, sempre do mais quente para o menos quente.

No decorrer do experimento e durante as discussões, outros conceitos foram utilizados, como: íons, moléculas, absorção e liberação de energia (ou calor), equação, temperatura, transferência de energia, sensação térmica e rendimento de combustíveis. O conceito rendimento foi introduzido por uma estudante para explicar a escolha entre diferentes combustíveis. Neste caso, ela contextualiza um conceito que já havia sido estudado, o que eleva os níveis de significação. Nas intervenções dos alunos o professor busca controlar os sentidos produzidos e manifestados pelos estudantes. Isso foi constantemente observado nas aulas acompanhadas. Um estudante quer saber como medir a quantidade de energia que é transferida no experimento. Isso

mostra que está produzindo sentido sobre os dois sistemas em contato: lâmparina acesa e tubo de ensaio com a substância que estava sendo aquecida. Neste caso, a professora explica que é por meio de cálculos, mas não os faz nesse momento, pois isso seria impossível naquela situação, mas possível em outros sistemas preparados para tal, como nos calorímetros.

A significação do conceito **energia química** prosseguiu com a realização do experimento em que o calor envolvido em combustões foi medido com o uso de calorímetro. Durante as explicações a professora retoma alguns conceitos mencionados na discussão do primeiro experimento, mostra a variação de energia em diagramas e, ainda, introduz outros conceitos, como: poder calorífico; materiais; calor específico; massa; sistema aberto; caloria; densidade; variação de calor, energia, quantidade de matéria (em mol), combustível, luminosidade, massa molar. A professora fala das interconversões de energia ocorridas nos alimentos no interior dos organismos e introduz a sigla ATP.

Estudantes envolvidos com a proposta curricular em sucessivas SE não aceitam a Ciência como verdade inquestionável, pelo contrário, questionam bastante para entender a lógica que fundamenta os conceitos. Acredita-se na importância dos estudantes fazerem questionamentos, mas entende-se também que não é fácil, pois a mudança implica sair da passividade e passar a não aceitar as imposições irracionais. Morin admite que “(...) existe grande dificuldade em reconhecer o mito oculto sob a etiqueta da ciência ou da razão” (2001, p. 30). Por isso, é preciso que haja constante questionamento do conhecimento científico sob o olhar da razão, caso contrário, ele adquire características de mito: ser uma verdade inquestionável, proveniente de um conformismo cognitivo.

Percebe-se que no decorrer das aulas a professora de Química buscou estabelecer relações entre os conceitos, bem como, com conceitos de outras áreas do saber, e isso se mostra importante, pois os estudantes quando vão falar dos tipos de energia, eles tendem a falar da Energia da Química, da Física e da Biologia. E isso fica evidente na fala de alguns estudantes durante a apresentação dos trabalhos interdisciplinares.

A1. Aí eu vou falar onde que tá a energia cinética da Química, que ela tá em tudo o que aparece a Química tem energia cinética. Em todas as transformações químicas. Por exemplo, na parte das quebras das moléculas, ela tá se movimentando pela energia cinética; na passagem do estado excitado até para outro. Os átomos e as moléculas sempre estão em movimento, com isso a temperatura é na medida da velocidade que elas se movem. Então elas estão se movendo (duas palavras incompreensíveis) energia cinética.

A2. A energia cinética na Biologia é bem, todos os sistemas (palavras incompreensíveis) movimento, a energia cinética é o movimento, na Biologia acontece em todos os sistemas, respiratório, (sistema incompreensível), circulatório...

A1. Eu não sei, em tudo ter energia cinética... Até no... (palavras incompreensíveis).

A2. Acho que é isso.

PF. Por que vocês tiveram a preocupação de dizer na Química, na Física, na Biologia...

Nota-se que os estudantes primeiramente buscam dar exemplos relacionando à energia cinética com os diferentes componentes curriculares da área, mas o fazem como se a energia na Biologia, na Física e na Química não fosse a mesma. A professora busca chamar a atenção dos estudantes em relação à separação, tendo em mente a articulação dos componentes curriculares. Nesse sentido, Maldaner e Zanon colocam que “as conexões são mais frequentes entre disciplinas de uma mesma área, como a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, mas elas devem ser **intencionalmente** propostas nas aulas” (2010, p. 350, **grifo nosso**). Portanto, se os professores trabalharam com os conceitos de maneira individualizada, fica difícil para os estudantes estabelecerem essas conexões. Os professores precisam rever tal postura para contribuir com uma visão inter e transdisciplinar. Durante as apresentações dos trabalhos é possível perceber dificuldades dos professores em estabelecer relações entre o conceito energia e as diferentes disciplinas, contribuindo com a visão distorcida e fragmentada que os estudantes podem ter formado. Na apresentação sobre energia das ondas do mar, a professora de química solicita ao grupo de alunos que falem da energia potencial da química, conforme é possível evidenciar no seguinte turno de fala:

A3. Tem uma usina desse tipo na França [usina de ondas], mas é muito baixo o rendimento dessas usinas (...). Acho que é 20% só de uma energia, de uma usina hidrelétrica do mesmo porte né? Por que se for comparar a Itaipu, por exemplo, vai ser muito, muito maior.

PF. Oh! Quase insignificante né?

A3. É.

PQ. Posso fazer uma pergunta?

A3. Sim.

PQ. Falando em energia potencial, como é que a gente trata a energia potencial quimicamente?

A4. No aumento da temperatura.

O aluno tentou uma resposta, evidentemente, não é isso que se podia esperar sob o ponto de vista de acerto, mas analisar essas situações faz parte da tomada de consciência do nível

conceitual dos próprios professores! Estabelecer relações em níveis inter e transdisciplinares não é uma tarefa fácil, pois exige estudos e constantes diálogos entre os professores dos diferentes componentes curriculares. Porém separar os tipos de energia, conforme as disciplinas, pode induzir os estudantes a terem uma visão ainda mais fragmentada do conhecimento científico, dificultando a compreensão, nas diferentes dimensões, dos processos de transformação e interconversão de energia. É preciso ficar atento, pois

a falta de unificação entre os conceitos de energia pode resultar em uma “colcha de retalhos energética”, a ser memorizada, das energias mecânica e térmica, luminosa, sonora, química, nuclear e tantos outros adjetivos, alguns pertinentes, outros não. Na Biologia e na Química, as energias não são menos importantes e nem menos variadas em suas designações e, no fundo, se trata da mesma energia da Física. Nas reações químicas em geral e na fotossíntese em particular, a energia tem o mesmo sentido utilizado na Física, mas raramente se dá um tratamento unificado que permita ao aluno compor para si mesmo um aprendizado coerente (BRASIL, 2002, p. 29).

Quando os professores de cada componente curricular desconsideram os conhecimentos de seus pares, estão contribuindo para uma formação bastante criticada pelos documentos oficiais, em que prevalece a memorização ao invés da significação. Não basta uma justaposição de várias disciplinas para atingir a competência crítico-analítica desejada, que envolve a inter e transdisciplinaridade. O objeto de estudo é o mesmo, mas levará a um novo saber, que não é necessariamente da Biologia, Física ou da Química, mas um saber mais amplo sobre aquela situação, aquele fenômeno. Essa interpretação da interdisciplinaridade pertence ao campo epistemológico, pois é a própria complexidade do objeto que se pretende conhecer que exige ultrapassar fronteiras disciplinares.

Em contrapartida, o diálogo entre as disciplinas é favorecido quando os professores da mesma área de conhecimento focam como objeto de estudo o contexto real – as situações de vivência dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais, e as aplicações tecnológicas. A complexidade desses objetos exige análises multidimensionais, com a significação de conceitos de diferentes sistemas conceituais, traduzidas nas disciplinas escolares. Nessas condições, muitas vezes, os próprios estudantes têm mais facilidade para relacionar os conceitos entre as diferentes disciplinas do que os professores, os quais enfrentam dificuldades por direcionar os estudos excessivamente para o seu componente curricular (AUTH; *et al*, 2005).

Durante a apresentação dos trabalhos os estudantes demonstraram certa dificuldade de

perceber os processos de interconversão de energia, porém vale ressaltar que ao mencionarem um conceito em um contexto novo dão indícios de que o processo de significação deste conceito foi iniciado. Nas discussões realizadas durante a apresentação dos trabalhos foi possível verificar a utilização de palavras, ora mais próximas, ora mais distantes do significado que possuem no contexto da ciência. O que não pode ser considerado um problema tão grave, pois de acordo com Vigotski,

a maior dificuldade é a aplicação de um conceito, finalmente apreendido e formulado a um nível abstrato, a novas situações concretas que devem ser vistas nesses mesmos termos abstratos – um tipo de transferência que em geral só é dominado no final da adolescência. A transição do abstrato para o concreto mostra-se tão árdua para o jovem como a transição primitiva do concreto para o abstrato (2008, p. 100).

Significar um sistema de conceitos na relação pedagógica é um longo processo, que deve ter continuidade ao longo da formação básica.

Entende-se que as relações estabelecidas entre os conceitos significados nessa SE constituem um sistema conceitual motivado pela necessidade de compreender os fenômenos envolvidos nos processos de transformação e interconversão de energia. Esse sistema foi organizado a partir das significações percebidas durante a análise das transcrições das apresentações dos trabalhos interdisciplinares e é representado por meio de um mapa metaconceitual (figura 4). Esse mapa indica os possíveis conceitos biofísicoquímicos significados, em algum nível, pelos estudantes durante a SE, realçando o estabelecimento de relações entre diferentes tipos de energia.

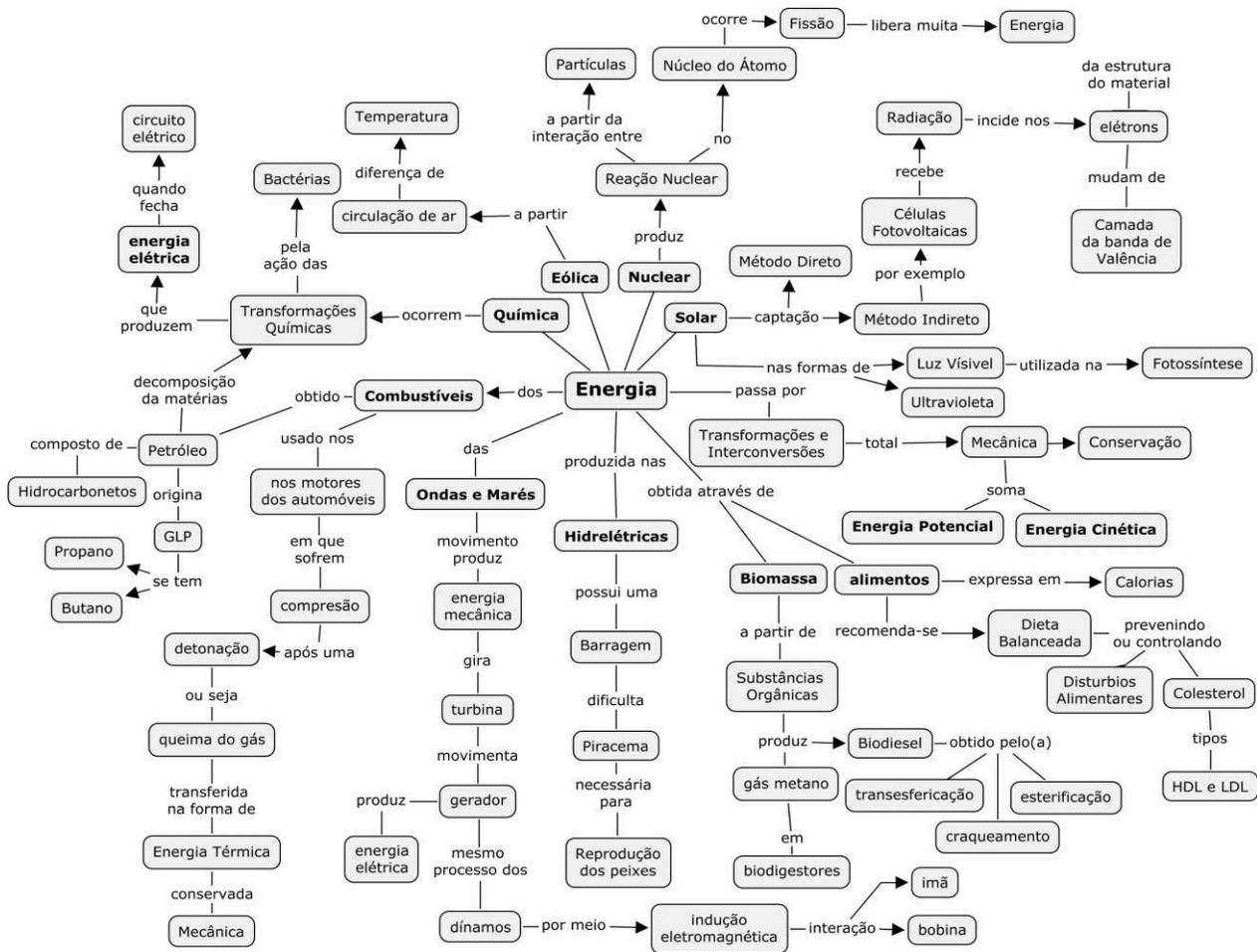


Figura 04: Mapa metaconceitual das apresentações interdisciplinares feitas pelos estudantes sobre os tipos de energia e suas interconversões.

Os conceitos explicitados e organizados, por meio do mapa favorecem a visualização de um rico sistema conceitual, a partir do conceito energia, de maneira que o mapa pode ser um instrumento útil de retomada das aulas e de reflexão do aprendido de alguma forma. Para o entendimento de diferentes tipos de energia e algumas de suas interconversões foi necessária a produção de sentidos e significados para muitos outros conceitos que compõem um sistema, no qual se encontram super e subordinados (VIGOTSKI, 2001). O mapa metaconceitual mostrou-se importante no processo de tomada de consciência em que foram atribuídos níveis de maior generalidade quanto às relações estabelecidas pelos tipos de energia. Tal compreensão baseia-se em Vigotski, que afirma que a generalização de um conceito leva à localização de dado conceito em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais

importantes e mais naturais entre os conceitos. Assim, a generalização significa ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos (2001).

Infere-se, a partir das dimensões do mapa metaconceitual, que a contextualização do ensino é muito fecunda, na medida em que possibilita a introdução e significação de muitos conceitos científicos. O estudo de situações reais desperta “muita curiosidade, participação e empenho dos estudantes em conhecê-las sob múltiplas dimensões, permitindo estruturar os conhecimentos científicos escolares” (MALDANER et al, 2007, p. 113). A compreensão de situações reais requer a significação e ressignificação de muitos conceitos, os quais se articulam em diversos momentos, de maneira que nem todas as relações estabelecidas foram apontadas. Além disso, muitas relações que poderiam ter sido feitas não ocorreram, pois é preciso delimitar o estudo, tendo em vista uma infinidade de possibilidades que o mundo real e tecnológico possui. Ao explicar situações reais com base no conhecimento científico produz-se um novo pensamento sobre o mundo, mais racional e mais preparado para a ação no meio tecnossocial contemporâneo.

Ao comparar o mapa conceitual produzido a partir das aulas de Química da SE desenvolvida com o mapa metaconceitual, percebe-se que nem todo conceito desenvolvido foi significado, assim como nem todos os conceitos significados estão necessariamente presentes nas apresentações. Alguns conceitos foram selecionados para explicar cada fonte/tipo de energia, mas nem todos os conceitos significados foram utilizados, nem teria sentido. Além disso, a significação dos conceitos utilizados pode não apresentar níveis elevados de abstração, mas estar ainda no início da formação do conceito ou de sua evolução na mente do estudante. As compreensões em nível atômico-molecular deixaram a desejar sobre a energia envolvida em transformações na matéria, pois os estudantes, por vezes, tentavam explicar as interconversões considerando apenas o nível macroscópico, por exemplo, ao tratarem da energia obtida nas hidrelétricas. Outra dificuldade encontrada pelos professores foi acabar recorrendo à forma tradicional de desenvolvimento dos conteúdos, de maneira disciplinar e até mesmo descontextualizada. Diante de uma iniciativa de reorganização curricular, os professores demonstraram, ainda,

certa dificuldade em romper com o sistema linear de conteúdos e conceitos, voltando à forma habitual de trabalhar, justapondo conteúdos já organizados, esquecendo que a SE deve produzir uma sistematização nova, tecendo a situação e produzindo sentidos na busca de seu entendimento. Houve e há sempre a preocupação com o velho modelo epistemológico de formação propedêutica. (KINALSKI; *et al*, 2007, p. 361).

É importante que se tenha consciência de que as mudanças curriculares não ocorrem repentinamente, mas elas são fruto de um longo processo de formação profissional dos professores. Por isso, defende-se a necessidade de introduzir tais ideias já na graduação e que depois sejam reforçadas na formação continuada, em coletivos de estudo, preferencialmente, acompanhados pela pesquisa.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

O desenvolvimento e a significação de conceitos biofísicoquímicos são potencializados em reorganizações curriculares que privilegiam a contextualização e a interdisciplinaridade, como é o caso das Situações de Estudo. Isso é possível de ser afirmado pela riqueza conceitual e imensa possibilidade de relações, que podem ser estabelecidas entre os conceitos, evidenciadas no desenvolvimento de aulas organizadas em SE e em uma avaliação interdisciplinar, apresentada na forma escrita e oral. A significação dos conceitos nas aulas de Biologia, Física e Química envolve um sistema conceitual amplo e, também, transdisciplinar. Os conceitos não ocorrem isoladamente, mas constituem um todo, um sistema.

No desenvolvimento de sucessivas SE, defende-se a importância de focar o mesmo objeto de estudo na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias para não fragmentar esses sistemas e, assim, os estudantes possam estabelecer inter-relações entre os conceitos de cada componente e na forma transdisciplinar e complementar nos outros componentes. Pode-se avaliar, durante o desenvolvimento da SE, com o foco de análise mais voltado para o esforço dos professores em abranger o conjunto dos conceitos para a significação das interconversões de energia em sistemas conceituais científicos, que eles foram bem sucedidos.

Reafirma-se, que o estudo de uma situação real, de forma interdisciplinar, como é o caso das SE proposta para o Ensino Médio, pode superar a fragmentação dos conteúdos e conceitos do currículo escolar. Rompe-se com saberes desconexos, divididos e compartimentados, uma das críticas mais contundentes dirigidas ao currículo tradicional, pois ele pouco desenvolve competências e habilidades para um agir mais racional, fundamentado em vários saberes. Evidenciou-se que os professores têm dificuldades em formar uma visão menos disciplinar e mais direcionada para dar conta da complexidade do mundo real e tecnológico, que não está compartimentado em disciplinas ou em áreas do conhecimento. Mesmo assim, ao focar situações

reais, os professores facilitam a formação dessa visão global da realidade sob o viés das CNT pelos estudantes. Para superar tais dificuldades e reafirmar potencialidades, aponta-se para a importância do acompanhamento pela pesquisa. Esta enriquece a reflexão e a organização do pensamento, tanto sobre o trabalho pedagógico quanto sobre os conteúdos escolares. Os mapas conceituais e metaconceituais produzidos podem vir a tornar-se importante instrumento mediador de formação dos professores. Isso é possível ao se firmar parcerias com os demais professores da escola, como é o caso de coletivos organizados, inclusive, envolvendo professores e estudantes de diferentes âmbitos de ensino.

Os problemas e dificuldades constatados foram retomados no coletivo do Gipec, em atitude de formação continuada de todos os seus membros. O mapa metaconceitual, decorrente do acompanhamento e descrição das aulas, mostrou-se instrumento útil para a retomada da SE no contexto da discussão do grupo em que participam os professores da escola. Por meio do mapa metaconceitual foi possível perceber que alguns significados e sentidos são produzidos em nível de maior ou menor abstração, por vezes, conseguindo estabelecer relações entre os conceitos. Uma das características pertinentes para manter o sistema conceitual da situação em estudo e motivar a participação dos estudantes nas aulas é deixar sempre em evidência o foco do estudo, que nesse caso, tratava dos tipos de energia e suas interconversões. Novos estudos, com produção de mapas conceituais mais sofisticados, que permitissem evidenciar as diversas dimensões ainda devem ser realizadas. Eles poderiam mostrar os cruzamentos de três mapas conceituais, contemplando os diversos componentes. No presente estudo apresentou-se apenas o mapa conceitual na dimensão da Química. Outros podem ser produzidos a partir das aulas de Física e de Biologia e o cruzamento de relações pode então ser imaginado em três dimensões.

REFERÊNCIAS

ANGOTTI, José André P. Fragmentos e Totalidades no Conhecimento Científico e no Ensino de Ciências. 1991. **Tese de doutorado**. Universidade de São Paulo - USP. São Paulo (SP).

AULER, Décio. Interações entre Ciência - Tecnologia - Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: UFSC, 2002.

AUTH, Milton. A. Conceitos Unificadores e o Ensino de Ciências. In: **Espaços da Escola**, Ijuí/RS, v. 38, p. 63-80, 2000.

AUTH, Milton A. Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora. *Tese de doutorado*. Florianópolis: UFSC, 2002.

AUTH, Milton A.; et al. Compreensão das Ciências Naturais como Área de Conhecimento no Ensino Médio -Conceitos Unificadores. In: **V ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação nas Ciências**, 2005, Bauru. Caderno de Resumos do V ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação nas Ciências. Bauru : ABRAPEC, 2005.

AUTH; Milton A.; *et al.* Currículo por área de conhecimento no ensino médio: possibilidades criadas com situações de estudo nas ciências da natureza. **VII ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação nas Ciências**, 2009, Florianópolis. Anais VII ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação nas Ciências. Florianópolis: ABRAPEC, 2009.

BARROS, Haroldo Lúcio de C. Processos Endotérmicos e Exotérmicos: Uma Visão Atômico-Molecular. **Revista Química Nova na Escola**. Vol. 31, Nº 4, Novembro 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio: bases legais. Brasília: MEC/SEMT, 1999.

_____. Ministério da Educação. **PCN+Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros curriculares Nacionais** – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMT, 2002.

CAVALCANTI, L. de S. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: uma contribuição de Vygotsky ao ensino de geografia, **Caderno Cedes**, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 185-207, maio/ago. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ccedes/v25n66/a04v2566.pdf> > Último acesso em: 18 de setembro de 2008.

COSTA BEBER, Laís.; MALDANER, Otavio. A ação pedagógica na recontextualização de conteúdos científicos em um currículo fundamentado em Situações de Estudo. In: 31ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 2008, **Anais da 31ª RASBQ**, Águas de Lindóia, 2008. CD-ROM.

DELIZOICOV, Demétrio.; ANGOTTI, José André P.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências**: Fundamentos e Métodos. São Paulo: Cortez, 2007.

KINALSKI, Alvina. C.; et al. Situação de estudo: proposta transdisciplinar da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio do Centro de Educação Básica Francisco de Assis. In: GALIAZZI, Maria. do C.; et al (org.). **Construção Curricular em Rede na Educação em Ciências**: uma aposta de pesquisa na sala de aula. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. P. 357-373.

LOPES, Alice. C. **Currículo e epistemologia**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007.

MALDANER, Otavio A; ZANON, Lenir. B. **SE: uma organização curricular que extrapola a formação disciplinar em ciências**. Espaço da escola, v.1. n. 41, p.45-60, jul/set.2001.

MALDANER, Otavio A.; et al. Currículo Contextualizado na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias: SE. In: ZANON, L.; MALDANER, O. (org.). *Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil*. Ijuí: Ed. Unijuí, 2007. P. 108-138.

MALDANER, Otavio A.; ZANON, Lenir B. Pesquisa Educacional e Produção de Conhecimento do Professor de Química. In: SANTOS, Wildson Luiz P dos.; MALDANER, Otavio A. (orgs.). **Ensino de Química em Foco**. 2010. MOREIRA, Marco Antônio; ROSA, Paulo. Escola Estadual Moreira e rosa. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(1): 17-25, abr. 1986.

MORIN, Edgar. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. Tradução de Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya; Revisão técnica de Edgard de Assis Carvalho. 3.ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2001.

MORTIMER, Eduardo F. Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. *Tese de doutorado*. São Paulo, Faculdade de Educação da USP, 1994.

_____. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

_____. As Chamas e os Cristais Revisitados: estabelecendo diálogos entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana no ensino das Ciências da natureza. In: SANTOS, Wildson Luiz P dos.; MALDANER, Otavio A. (orgs.). **Ensino de Química em Foco**. 2010.

OLIVEIRA, Marta K. de. Três questões sobre desenvolvimento conceitual. In: OLIVEIRA, M. B. de; OLIVEIRA, M. K. de (orgs.). **Investigações cognitivas: conceitos, linguagem e cultura**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999. P. 81-99.

PANSERA-DE-ARAÚJO, M. C.; AUTH, Milton. A.; MALDANER, Otavio A. Autoria compartilhada na elaboração de um currículo inovador em ciências no ensino médio. In: **Contexto & Educação**, Ijuí, n.77, jan./jul. 2007.

VIGOTSKI, L. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **Pensamento e Linguagem**. Tradução de Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

AGRADECIMENTOS: Aos sujeitos da pesquisa, ao Gipec-Unijuí, ao CNPq e à FAPERGS.

OTAVIO ALOISIO MALDANER Possui graduação em Ciências Naturais pela Universidade de Passo Fundo (1974), graduação em Ciências Plenas Hab Química pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1980), mestrado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (1980) e doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Campinas

(1997). Atualmente é coordenador do Gipec-Unijuí e professor titular da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Campos de Coordenação, atuando principalmente nos seguintes temas: formação de professores, situação de estudo, ensino de química, interdisciplinaridade e debate epistemológico.

LAÍS BASSO COSTA-BEBER Possui graduação em Química Licenciatura pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (2009). Atualmente é mestrande do programa de pós-graduação em Educação nas Ciências da UNIJUÍ com bolsa CNPq e integrante do Grupo Interdepartamental de Pesquisa em Educação em Ciências - Gipec-Unijuí. Desenvolve pesquisa na área de Educação nas Ciências, com ênfase em Educação Química, nos seguintes temas: currículo, contextualização de conceitos e conteúdos científicos escolares e Novo ENEM.

ANIARA RIBEIRO MACHADO Possui graduação em Física-Licenciatura pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ). Nessa universidade atuou como bolsista de Extensão e Pesquisa durante o período de 2007-2011, sendo integrante do Grupo Interdepartamental de Pesquisa em Educação em Ciências - Gipec-Unijuí. Tem experiência na área de Física, com ênfase no ensino de Física, atuando principalmente nos seguintes temas: Ensino de Física, Experimentação, Interdisciplinaridade, Problematização e Situação de Estudo.