

A SIGNIFICAÇÃO CONCEITUAL DE ENERGIA EM ESPAÇOS INTERATIVOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

Sandra Maria Wirzbickiⁱ
(UNIJUÍ, swirzbicki@yahoo.com.br)

Lenir Basso Zanonⁱⁱ
(UNIJUÍ, bzanon@unijui.edu.br)

Resumo: Este trabalho parte da constatação de que o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) denota influências de visões dicotômicas entre conhecimentos produzidos em contextos diversificados, em especial, o da Ciência e o do cotidiano, do que decorrem desafios aos educadores: abordagens dos conteúdos do ensino de CNT desconsideram, muitas vezes, a dinamicidade das inter-relações de saberes envolvidos nos processos de construção dos conhecimentos escolares. Este texto refere-se a uma pesquisa que analisa interações de licenciandos, professores da educação básica e da universidade, em um espaço de formação para o ensino de CNT, mediante o planejamento e desenvolvimento de “módulos interativos” em busca de compreender formas de (re)contextualização pedagógica, especificamente, do conceito ‘energia’. São analisadas, também, abordagens do referido conceito em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio (EM) e em sites de ensino, utilizados durante os ‘módulos interativos’ como subsídio para interações e reflexões acerca de formas como o conceito é abordado nos mesmos. A análise das interações entre os sujeitos de pesquisa durante processos de (re)significação conceitual denotou contribuições de reflexões possibilitadas, na formação docente inicial, sobre como mediar explicações em aulas do EM. Com base no referencial histórico-cultural, a análise aponta abordagens e mediações que enriquecem o ensino e a formação docente, mediante processos dinâmicos de (re)contextualização e (re)significação conceitual, potencializadores dos processos de conhecimentos. A busca de melhorias na formação de professores de CNT implica promover reflexões críticas e interativas sobre mudanças no ensino de objetos complexos, cuja compreensão abrange uma multiplicidade de relações entre significados conceituais, como é o caso dos significados de ‘energia’.

Palavras-chave: formação de professores. educação escolar. significação conceitual. energia

1 Introdução

Nos últimos anos, têm sido frequentes as alusões, no contexto educacional e, até mesmo por parte da mídia em geral, ao ‘fracasso escolar’ dos estudantes da educação básica, o que tem suscitado preocupações e discussões relativas à necessidade de avançar na compreensão de como desenvolver práticas educativas capazes de produzir aprendizados escolares mais significativos e socialmente relevantes. Articuladamente ao desenvolvimento de novas políticas públicas, percebe-se que o cenário da área de educação está permeado por preocupações relativas à qualidade do ensino e da formação dos professores que nele atuam.

Tais preocupações são cada vez mais evidenciadas, também, na literatura e em discussões entre educadores e especialistas da área, acenando para perspectivas de mudança nas concepções e práticas curriculares, nos diversos níveis da escolarização,

tendo sido crescente a atenção, particularmente, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), a focos de estudo e discussão que dizem respeito aos aspectos conceituais do ensino e aos tipos de aprendizagem por ele propiciada.

Muito se tem discutido, na última década, sobre movimentos que acenam para reformas curriculares como as apregoadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM, Brasil, 1999). Nas diversas áreas do conhecimento, as atenções têm sido direcionadas para a construção de uma escola que eduque para a vida mediante conhecimentos e práticas associadas ao desenvolvimento de capacidades, competências, valores e atitudes responsáveis.

Contudo, há muito que se avançar nas práticas de sala de aula, o que coloca a necessidade de mudanças, sobretudo, nas concepções pedagógicas e epistemológicas das quais elas decorrem, amplamente necessárias de serem objetos de reflexão na perspectiva de virem a ser crítica e interativamente reconstruídas, sobretudo, em espaços de formação de professores. Uma das ideias que têm sido amplamente destacadas é que os contextos de mudança de concepções/práticas educativas não podem ser alijados a meras soluções técnicas propostas por especialistas. Não se trata de tarefas simples de serem concebidas e empreendidas em âmbito escolar.

Frente ao quadro problemático acima apontado, este trabalho busca contribuir na produção de uma compreensão fundamentada sobre o ensino, particularmente, do complexo conteúdo/conceito ‘energia’, amplamente abordado na área de CNT. Isto, mediante um olhar instruído por preocupações educacionais atuais, levando em conta o desafio de adequar o ensino e a escola ao novo cenário da educação contemporânea, conforme determina a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN, Brasil, 1996), referendada pelas políticas públicas dela decorrentes, incluindo os PCNEM (Brasil, 1999). Nesse sentido, a pretensão de contribuir para a melhoria do ensino do conteúdo/conceito ‘energia’, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, a partir da problemática mencionada, leva em conta preocupações relativas aos processos de (re)contextualização e (re)significação de conteúdos/conceitos no ensino e na formação para o ensino, na área de CNT.

2 Aspectos Metodológicos

Trata-se de uma análise de abordagens e discussões relativas ao ensino do referido conteúdo/conceito em espaços específicos de formação para o ensino de CNT, em que eram usados livros didáticos (LD) como subsídio aos estudos e reflexões. Isso, em busca de avanços nas compreensões de processos de (re)contextualização e (re)significação conceitual envolvidos nas abordagens e discussões vivenciadas. Para proceder tal análise, foram registradas falas de sujeitos participantes de ‘módulos triádicos’ de interação, planejados e desenvolvidos em aulas de componentes curriculares (CC) dos cursos de licenciatura em Biologia e Química da UNIJUÍ (Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), com participação de licenciandos, professores da universidade e do EM (Zanon, 2003).

Em atenção aos princípios da ética na pesquisa, para assegurar o anonimato, os sujeitos mencionados são referidos por “L” (licenciandos), “PEMB” (professores do EM de Biologia) ou “PEMQ” (professores do EM de Química) e “PU” professores da universidade. Por sua vez, os livros didáticos são referidos por LDBIO (de Biologia), não sendo mencionadas as páginas em que se encontram as figuras ou os excertos apresentados. A análise de recortes de resultados de pesquisa parte da questão: abordagens e discussões referentes ao ensino do conteúdo/conceito ‘energia’ possibilitadas pelos ‘módulos interativos’ contribuem na formação para o ensino de CNT, especificamente, quanto a processos de significação conceitual? Como?

A partir dos registros em agenda de campo e em áudio, seguidos de transcrição, foi possível construir materiais empíricos (transcrições). A análise é fundamentada, principalmente, no referencial histórico-cultural. O olhar é direcionado à multiplicidade de relações intersubjetivas, com atenção aos modos de mediação de sujeitos que interagem sob condições socioculturais diversificadas, em processos de formação docente que acenam para a construção de conhecimentos escolares significativos e socialmente relevantes, tal como propõem as Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio (OCNEM, Brasil, 2006).

3 Análise e Discussão de Dados

Recortes de resultados de pesquisa produzidos são apresentados a seguir na perspectiva de discutir abordagens do conceito ‘energia’ em LDBIO, no que se refere a preocupações e possíveis decorrências das mesmas no ensino de CNT no EM, particularmente, quanto à adequação dos tratamentos didáticos para a significação conceitual. Um exemplo, tratado neste texto, diz respeito a abordagens relativas a compreensões sobre *reação enzimática* e *energia de ativação*, articuladamente aos ‘módulos interativos’ acompanhados.

Nos LDBIO, os estudos sobre as enzimas incluem a noção de que é a ‘catálise enzimática’ que possibilita a ‘energia de ativação’ necessária para cada reação química que acontece nos seres vivos. Por exemplo, no capítulo 5 do LDBIO1, intitulado ‘A Base Específica da Vida II’, no sub-capítulo ‘Aminoácidos e Proteínas’, os estudos tratam dos ácidos nucleicos, de ligações peptídicas, estrutura e funções das proteínas, classes de proteínas, dando enfoque ao estudo das enzimas. Sobre a relação entre a ‘atividade enzimática’ e a ‘energia de ativação’, consta no LDBIO1 que:

As reações biológicas são pouco espontâneas e muito lentas. [...] Uma das maneiras de fornecer aos reagentes a energia necessária para que a reação ocorra é aumentar a temperatura: as moléculas movimentam-se mais rapidamente, aumentando a probabilidade de se chocarem com energia suficiente para provocar uma reação química. No entanto, para os seres vivos é importante que as reações ocorram em velocidade adequada, porém sem aumento significativo da temperatura, para que não haja desnaturação protéica. Nos seres vivos, as enzimas aumentam a velocidade das reações sem elevar a temperatura. Isso acontece porque elas diminuem a energia de ativação necessária para ocorrer a reação.

Compreensões em nível teórico-conceitual relativas à explicação acima, por parte dos estudantes do EM, não podem ser vistas de forma simplista. Requerem o uso de uma rede de relações entre conceitos ensinados nas diferentes disciplinas da área de CNT. Não é de se estranhar que muitos estudantes não atinjam uma significação conceitual adequada de ‘energia de ativação’ nem das relações entre este conceito, o de enzima e o de ‘catálise enzimática’, quando o ensino não contemplar explicações e aprendizados adequados à compreensão.

No ‘módulo interativo 9’ (1º sem. 2009, em aulas de Bioquímica II da licenciatura), articuladamente aos estudos no CC de Bioquímica I, discutiu-se sobre a complexidade da compreensão conceitual de explicações como a que consta no excerto

acima. Explicações por parte de PU2 sobre o mecanismo de reação da ‘enzima quimotripsina’ enfatizaram a ação catalítica na ruptura de ligações C-N das moléculas do substrato, como representado pela Figura 1.

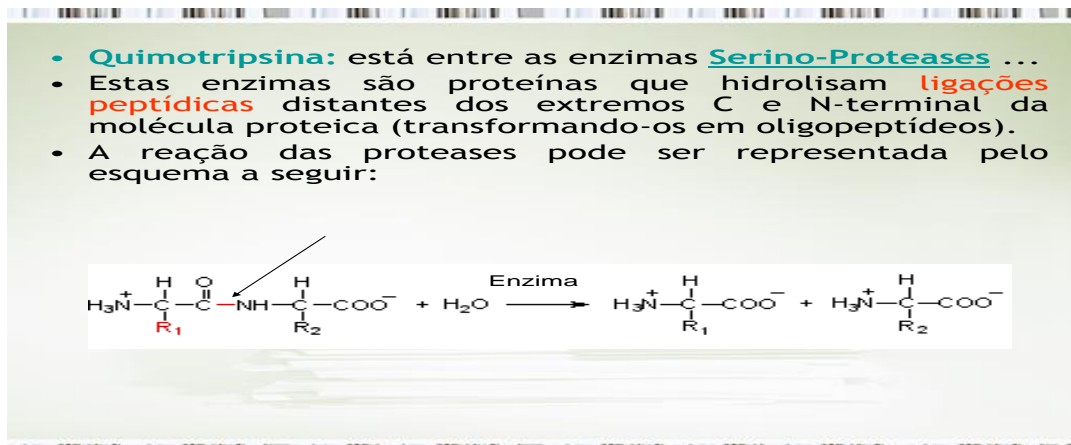


Figura 1. Enzima Quimotripsina. (Site 2)

Ainda que envolva grande quantidade de ‘energia’, tal ruptura de ligação covalente é realizada em temperatura corporal próxima a 37°C. Nesse sentido, a linha de explicação dizia respeito à noção de que as ‘enzimas’ são reconhecidas como ‘catalisadores biológicos’ na medida em que elas atuam em nível atômico-molecular, reduzindo a ‘energia de ativação’ das respectivas reações.

A significação conceitual da ‘atividade enzimática’ como meio que possibilita rupturas de ligação covalente, tais como C-N, C-C, requer compreensões sobre interações químicas envolvidas na ‘catálise enzimática’, o que implica numa compreensão relativa a um sistema de relações conceituais referentes a aspectos da estrutura química e das interações ‘enzima/substrato’. Sem levar em conta tais noções não é possível uma compreensão conceitual adequada, cuja centralidade está na visão de interações químicas específicas que possibilitam a transformação do substrato em produto, nas condições biológicas, por meio de uma redução da ‘energia de ativação’.

Cabe reiterar a visão da complexidade e da amplitude do conceito ‘energia’, nem sempre assim consideradas no ensino de CNT, em diversos níveis. A compreensão e resignificação do conceito passa pelo estabelecimento de necessárias conexões entre compreensões relativas a conhecimentos produzidos em contextos diversificados, desde os científicos até os cotidianos, os de nível teórico e abstrato até os vivenciais. São complexas as compreensões e as relações entre conhecimentos relativos às formas de ‘energia’ envolvidas em transformações abordadas em nível atômico-molecular.

No ‘módulo interativo 8’ (2º sem. 2008 em aulas de Bioquímica I da licenciatura), PU1 chamava atenção para a especificidade de cada disciplina na área de CNT e para a necessária articulação entre as mesmas, em busca de uma compreensão mediante relações entre conceitos, na compreensão de assuntos complexos como ‘energia’, ‘catálise enzimática’, ‘energia de ligação’. Anteriormente, PEMQ1 e LQ1 haviam manifestado uma idéia de mudança nas escolas de modo que o professor de Química pudesse estar presente em algumas aulas de Biologia, ou vice-versa.

PU1: Agora gente, aqui [...] PEMBI, [...] eu tenho outra tese sobre energia de ligação. Então, a profe de Biologia, e vocês também, que depois vão dar aulas de Biologia, provavelmente não vão estar a fim de estar falando nas aulas de Biologia nos valores das energias de ligação envolvidas nas reações químicas. Isso que o PEMQ1 estava falando agora há pouco. Nós de Química pensamos assim, nós temos um reagente, um produto, e nós vamos ver quais as energias de ligação que nós tínhamos, envolvidas lá, antes, nos reagentes e nos produtos. E podemos compreender dessa forma. Mas lá na aula de Biologia provavelmente isso é um complicador. Por isso eu estou dizendo ((reforçando)) aquilo que o PEMQ1 e a LQ1 estavam falando antes, que era a possibilidade de termos um professor de Biologia e de Química na sala de aula. Que bom se pudéssemos contar com o professor de Biologia que de aula de Biologia e o de Química que de aula de Química, mas que um pudesse, daqui um pouco, potencializar a compreensão da aula, um do outro. Pra isso ((acontecer)) também tem que mudar alguma coisa: o PEMQ1 vai ter de dar alguma coisa um pouquinho diferente do que ele iria dar na aula dele, se não estivesse a PEMBI, ou vice-versa. E parece muito mais o contrário. Nós de Química teríamos que ter mais acessibilidade de dialogar, porque a gente nem sabe o que está acontecendo nas aulas de Biologia ((do EM)). [...] (M8, 314)

No episódio acima, PU1 fazia uma mediação que agregava reflexões, no módulo, sobre a importância de um trabalho interdisciplinar, mas sem diminuir a importância de cada conhecimento e abordagem disciplinar. O desenvolvimento e análise dessas interações nos módulos parte do pressuposto de que um dos eixos focalizado como princípio básico da reforma da educação básica em andamento no país, referendado pelas OCNEM (Brasil, 2006) - a interdisciplinaridade - necessita ser inserida como princípio educativo na formação docente inicial e continuada.

Para ampliar as reflexões dos professores em formação, inicial ou continuada, sobre representações e entendimentos referentes à ‘energia de ativação’, no ‘módulo interativo 9’, foram apresentados e discutidas figuras disponíveis em LD e na internet, utilizadas como recursos didáticos no ensino de enzimas, a exemplo da Figura 2.

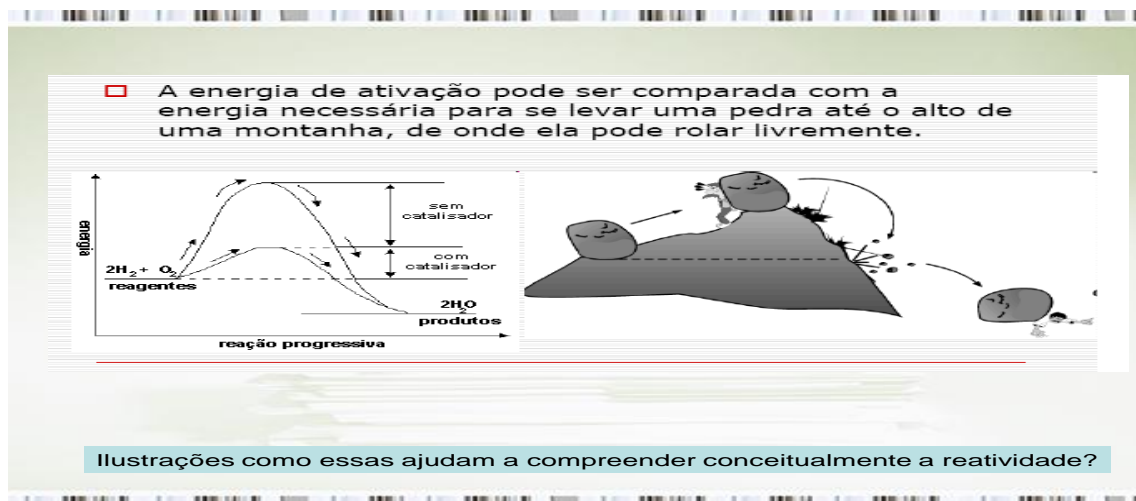


Figura 2. Representação do Morro Energético. (Site 2)

A partir das abordagens anteriores, que enfatizavam a essencialidade das interações químicas entre o substrato e o ‘sítio catalítico’ da enzima, PU1 e PU2 questionavam a pertinência da representação da Figura 2.

PU2: *Aqui tem uma outra representação que foi pego da internet, mas que é de um site de ensino. Então a energia de ativação pode ser comparada com a energia necessária para se elevar uma pedra até o alto de uma montanha, de onde ela pode rolar livremente, ou não, dependendo se tiver energia suficiente.*

PU1: *Ela colide, a energia não é suficiente, ela volta como reagente.*

PU2: *Então do lado da representação do cara empurrando lá, a pedra, tem um esquema. [...] que mostra os reagentes que precisam de energia de ativação. Nesse caso ((aponta para a curva mais elevada)) é quando não tem o catalisador. E é uma ((curva)) menor quando tem ((catalisador)). Se fosse menor, aqui ó, ((aponta para a linha pontilhada na representação à direita)), ele cruzaria por aqui. Então, situações como essas ajudam a compreender conceitualmente a reatividade do substrato ((com ou sem a enzima))?*

PU1: *Aquela pedra subindo?*

PU2: *Eu não sei, né!*

PU1: *[...] A pergunta dele: “será que ajuda?” [...] A representação ajuda a compreender conceitualmente a reatividade química? (M9, 61-68)*

É importante que professores em formação vivenciem reflexões como as possibilitadas pelos ‘módulos interativos’, no caso, a partir de um confronto entre duas formas de representação da noção teórica de que as enzimas atuam, nas reações que catalisam, mediante redução da ‘energia de ativação’ das mesmas.

No mesmo ‘módulo interativo’ abordagens traziam à tona representações que constam em LDBIO nos quais a noção de que as enzimas reduzem a ‘energia de ativação’ das reações era cerceada à visão de um ‘morro energético’ a ser ‘subido’. Discutiu-se se tal representação auxiliaria, ou não, em compreensões conceituais escolares coerentes com os conhecimentos científicos sobre a ‘energia de ativação’ envolvida nas atividades enzimáticas.

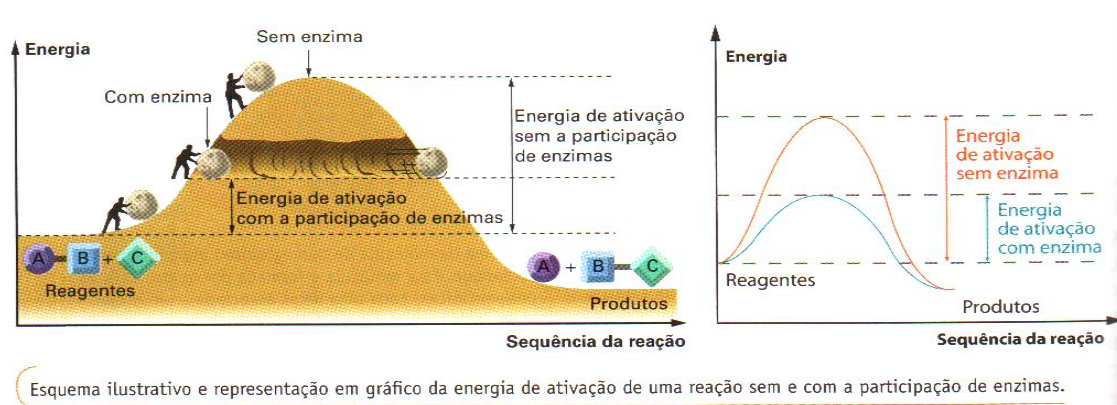


Figura 3. Esquema e Gráfico da Energia de Ativação. (LDBIO1)

É importante que, no ensino de CNT, os aprendizados dos conteúdos/conceitos extrapolem os conhecimentos restritos, que acomodam a razão, lançando mão às formas de pensamento presas ao concreto. Por exemplo, como se discutia nos ‘módulos interativos’, é importante ter uma visão crítica sobre o ensino, seja nas abordagens em LD ou em aulas, em que as explicações limitam-se a introdução de analogias e metáforas que, ao invés de propiciar avanços nas compreensões conceituais, permanecem nas formas familiares de conhecimento, típicas ao conhecimento cotidiano, constituindo obstáculos à construção dos conhecimentos escolares.

Acredita-se que limitar tais compreensões a representações de uma ‘morro energético’ obstaculariza a compreensão conceitual, por acomodar o pensamento, ao invés de direcionar os processos de conhecimento para uma significação conceitual coerente com as explicações escolares, na área de CNT. Essa linha de reflexão reitera a visão de que os processos de aprendizagem antecedem e fazem avançar os processos de desenvolvimento humano (Vigotski 2001). Isso, entendendo que:

O desenvolvimento do indivíduo humano está intimamente relacionado ao contexto sócio-cultural em que se insere e se processa de forma dinâmica (e dialética) através de rupturas e desequilíbrios provocadores de contínuas reorganizações por parte do indivíduo (REGO, 2000, p.104).

Em módulo anterior, PEMQ1 alertava para o risco de os estudantes interpretarem de forma totalmente diferente daquela esperada pelo professor, como é o caso da analogia que representa artisticamente a noção da redução da ‘energia de ativação’ na imagem de homens tentando empurrar pedras morro acima.

PEMQ1: *Outra coisa é essa questão da energia de ativação, como tinha, numa figura, ali.*
 PU1: *Aquela do morro.*
 PEMQ1: *Empurrando, um morro acima, e um morro abaixo. Gente! Teve um dia que um aluno me perguntou: “professor, mas como é que é carregada para cima, então, essa molécula? Como que é carregada para cima?” [...]*
 Vários: *Hãh?!((espanto))*
 PU1: *Entenderam? Olhem aqui, ó ((aponta para o morro no slide)). Ele ((aluno do EM)) estava entendendo que a molécula é isso aqui, de repente.*
 PEMQ1: *É. Está fazendo uma analogia, como se fosse acontecer isso. O cara pensou “como é que vai carregar? Para que lado que vai lá dentro da célula? Como é que funciona isso? Como que é esse morro, lá?” [...]*
 PEMB1: *Se fosse os meus já iam dizer que gasta energia. (M8, 124-133)*

O depoimento de PMQ1 fazia com que os sujeitos participantes do ‘módulo interativo 8’ refletissem sobre uma vivência em suas aulas no EM. Frente à referida figura, a analogia fez com que os estudantes do EM pensassem que haveria algo semelhante ao tal ‘morro’ lá dentro da célula. Fez com que eles pensassem na força necessária às moléculas, para que elas ‘subissem os morros’ dentro das células.

No módulo mencionado, discutia-se sobre a inadequação de figuras que não favorecem a compreensão de que, é mediante interações químicas entre a molécula da enzima (sítio catalítico) e a molécula do substrato, que há redução da ‘energia de ativação’ da reação, na ‘catálise enzimática’. Ao invés de uma compreensão conceitual da ‘variação da energia’ durante a reação, esta era rechaçada por idéias que nada tinham a ver com o conceito, o que denota visões distorcidas e simplistas sobre o mesmo. São discussões importantes à formação para o ensino de CNT, por alertarem para a necessidade de não negligenciar a complexidade e a dificuldade de compreensão de conceitos complexos, que requerem um sistema de relações conceituais.

4 Algumas Considerações

Frente à questão inicialmente levantada, com base nos recortes de resultados de pesquisa apresentados neste trabalho, pode-se inferir que abordagens e discussões referentes ao ensino do conteúdo/conceito ‘energia’ possibilitadas pelos ‘módulos interativos’ permitem importantes reflexões, na formação de professores, sobre formas inadequadas de explicação do referido conteúdo/conceito no EM. Inadequadas, no sentido de incorrer em aprendizados superficiais, limitados ou até mesmo incoerentes com as explicações científicas. Os ‘módulos interativos’, ao possibilitarem tais reflexões, enriquecem os saberes docentes, contribuindo, dessa forma, na melhoria da

formação para o ensino de CNT, seja inicial ou continuada. Isso, no que se refere aos processos de significação conceitual, a partir de uma visibilidade de inadequações e/ou insuficiências das abordagens, seja em aulas do EM ou da licenciatura.

Resultados de pesquisa alertam para a necessária vigilância pedagógica e epistemológica inerente aos processos de mediação e internalização dos significados conceituais, coerentemente com as explicações científicas e com a promoção do desenvolvimento humano/social, mediante o uso de linguagens e pensamentos bastante específicos. Nesse sentido, contrapondo-se à tendência de manter um ensino estanque e linear, em que cada conteúdo é cerceado a uma única disciplina, as interlocuções possibilitavam uma linha de reflexão que corrobora a visão da pertinência da área de CNT como um campo de conhecimento interdisciplinar, sendo este um dos focos de discussão que tem se mostrado proeminente, nos módulos. Dessa forma, a análise das interações sinaliza para contribuições potenciais à formação para o ensino de CNT.

5 Referências

Brasil. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Brasília: Ministério da Educação, 1996.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364p.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações curriculares para o ensino médio*. Brasília, vol. 2, 2006.

Rego, T. C. R. A origem da singularidade humana na visão dos educadores. In: Implicações Pedagógicas do Modelo Histórico-Cultural. In: *Cadernos Cedes*, ano XX, nº 35, Julho de 2000, p. 96-113.

Vigotski, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

Zanon, L. B. *Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente: módulos triádicos na licenciatura de química*. Tese de Doutorado em Educação. Piracicaba: UNIMEP, 2003.

ⁱ Mestre em Educação e Professora de Ciências da Rede Pública Municipal de Ijuí/RS.

ⁱⁱ Professora do Departamento de Biologia e Química e do Programa de Pós-Graduação da Unijuí.