



MOBILIZAÇÃO DE LINGUAGENS E PENSAMENTOS NECESSÁRIOS À COMPREENSÃO DE MODELOS DE ESTRUTURAS SUBMICROSCÓPICAS EM AULAS DE CIÊNCIAS

MOBILIZATION OF LANGUAGES AND THOUGHTS NECESSARY TO THE COMPREHENSION OF MODELS OF SUBMICROSCOPIC STRUCTURES IN SCIENCE CLASSES

Fábio André Sangiogo¹

Lenir Basso Zanon²

¹ PPGEC/UNIJUÍ - Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, fabiosangiogo@yahoo.com.br

² PPGEC/UNIJUÍ - Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, DBQ – Departamento de Biologia e Química, bzanon@unijui.edu.br

Resumo:

Este artigo discute aspectos do ensino e aprendizagem de conceitos da área de Ciências Naturais, enfocando a mobilização de signos e significados na sua compreensão escolar. A análise focaliza ‘modelos representativos de estruturas submicroscópicas’ enquanto conteúdo inerente aos estudos escolares sobre situações vivenciais, na perspectiva de um ensino mais significativo e socialmente relevante à vida dos estudantes. Para isso, foi planejado e desenvolvido um módulo interativo em aula do componente curricular *Bioquímica II* dos cursos de licenciatura em biologia e química da UNIJUÍ, com registros das falas dos sujeitos participantes. Foi aplicado um questionário e realizado um encontro com sujeitos participantes do módulo, permitindo registros das falas em áudio. A análise, fundamentada principalmente no referencial histórico-cultural, corrobora ao entendimento de que é nas interações com o ‘outro’, nos diversos contextos sócio-culturais da vida, principalmente na escola, que os estudantes aprendem e se desenvolvem, enquanto seres humanos, constituindo-se em suas singularidades.

Palavras-chave: interações sociais, formação docente, conceitos escolares, modelos de estruturas submicroscópicas, abordagem histórico-cultural.

Abstract

This article discusses aspects of teaching and learning of concepts in Sciences, focusing the mobilization of signs and significations in their scholar comprehension. The analysis focuses on ‘representative models of submicroscopic structures’ as subject inherent to scholastic studies about live situations, under the perspective of a more significant and socially relevant teaching to the students’ lives. To do so, an interactive model of class was planned for the subject *Biochemistry II* in the Biology and Chemistry graduation course of UNIJUÍ, with register of talks of the individuals. A questionnaire was applied and a meeting with the participants of the model was carried out, allowing audio recordings of the talks. The analysis, based mainly in historical-cultural referents, reaffirm that it is in the interactions with the ‘other’, in the diverse socio-cultural contexts of life, mainly in school, that students learn and develop themselves as human beings, constituting themselves in their singularities.

Keywords: social interactions, teacher education, scholar concepts, models of submicroscopic structures, historical-cultural approach.

INTRODUÇÃO

Pesquisa anterior que tratou do ensino e da aprendizagem na área de Ciências Naturais apontou a precariedade dos processos de significação conceitual por parte de estudantes do ensino médio e da universidade (SANGIOGO et al, 2008). Os conteúdos do currículo escolar, em química, na sua maioria, são ensinados de forma desvinculada da vivência extra-escolar dos estudantes, numa sequência linear, cada um numa só vez, de forma fragmentada, sem relações deles entre si nem com situações do cotidiano. Isso dificulta a apropriação e (re)construção dos conceitos escolares básicos, na área, enquanto “ideias estruturadoras que potencializam nosso pensamento e nossa capacidade de relacionar, sintetizar, propor explicações a partir daquilo que já se conhece” (LIMA; BARBOZA, 2005, 40).

A dicotomia entre o que se aprende fora e dentro da escola impossibilita a produção de conhecimentos escolares significativos para os estudantes. Sem inter-relações dinâmicas entre conhecimentos cotidianos e científicos diversificados, os aprendizados escolares tendem a ser mecânicos, passageiros. O estudante mantém-se limitado aos conhecimentos de seu senso comum, que lhes são habituais. Também, fica ‘preso’ aos estudos da ‘química pela química’.

Ensinar química/ciências não é ‘repassar’ certo conjunto de informações, mas sim, propiciar condições necessárias à (re)construção de um conhecimento bastante específico, só possível de ser constituído mediante o uso de linguagens e conceitos elaborados fora da cultura cotidiana e escolar, ou seja, na esfera cultural da ciência (ZANON; SANGIOGO, 2006). Processos de construção de conceitos científicos escolares decorrem de interações assimétricas com o ‘outro mais experiente’ (VIGOTSKI, 2001) que, já enculturado na química/ciência, é capaz de mediar conhecimentos referentes a ‘entidades’ culturalmente criadas, como átomos, moléculas, íons, elétrons, ligações. Contudo, nem sempre o professor de química leva em conta que tais ‘entidades’ necessitam ser ensinadas como ‘ferramentas culturais’ criadas, convencionadas e validadas, antes, num contexto cultural bastante específico, o da comunidade científica da química. Isso justifica a importância da inserção de reflexões sobre tais mediações na formação docente.

A cultura, segundo Vigotski, não é pensada como algo pronto, como um sistema estático em que os sujeitos se submetem, mas “uma espécie de ‘palco de negociações’, em que seus membros estão em constante movimento de recriação e reinterpretação de informações, conceitos e significados” (OLIVEIRA, 1993, p. 38, apud REGO, 2003, p. 56). Na cultura escolar, do cotidiano ou da ciência/química, os conhecimentos estão historicamente em processos de (re)construção, mediante interações com o ‘outro’. Cada contexto enriquece e realimenta o outro, em relação de reciprocidade, orientando modos de pensar e agir no mundo. Com base em Santos e Schnetzler (1997, p. 94), pode-se dizer que a escola tem dois grandes objetivos para o ensino: (i) propiciar acesso as “informações básicas para o indivíduo compreender e assim participar ativamente dos problemas relacionados à comunidade em que está inserido” e (ii) desenvolver a “capacidade da *tomada de decisão*, para que possa participar da sociedade, emitindo a sua opinião, a partir de um sistema de valores e de informações, dentro de um comprometimento social”.

Nesse sentido, a função social da escola pode ser remetida à promoção de aprendizados que potencializem o desenvolvimento dos estudantes, ajudando-os a fazer escolhas responsáveis, frente à complexidade do mundo em que estão inseridos. Para isso, o ensino de química necessita inter-relacionar “a *informação química* e o *contexto social*”, afinal, “para o cidadão participar da

sociedade, ele precisa não só compreender a química, mas a sociedade em que está inserido” (SANTOS; SCHNETZLER, 1997, p. 95).

Nas interações típicas a uma aula de química, o uso de palavras/signos específicos possibilita o desenvolvimento da mente dos estudantes, sempre em formação como seres humanos, na medida em que eles vivenciam processos de (re)construção cultural renovadores de suas visões de mundo. Por meio da mediação do professor, diferentes linguagens e pensamentos mobilizam processos de inter-relação de significados conceituais construídos na vivência cotidiana e na ciência, potencializando o desenvolvimento das *funções psicológicas superiores* (VIGOTSKI, 2001), nas interações pedagógicas típicas ao contexto escolar.

O entendimento, sob o ponto de vista da química, de situações reais da vida cotidiana requer formas outras de conhecimento, mediante o uso de ‘signos’ outros, cuja significação requer graus elevados de abstração. Segundo Vigotski, os significados conceituais precisam ser *internalizados* durante a vivência escolar, como condição para o desenvolvimento da mente humana. Isso, de forma que possibilite aos estudantes entender e interpretar situações cotidianas, pelo uso de conhecimentos construídos nas aulas de química. Isso, cientes de que a linguagem química é um dos sistemas simbólicos fundamentais elaborados no curso da história da humanidade, como também são as demais ciências. Enfatiza-se, assim, a visão da linguagem química, como uma organização de signos específicos, que relacionados entre si em estruturas complexas e com linguagens extra-escolares, tem potencialidade de desempenhar um papel imprescindível no desenvolvimento das funções psicológicas típicas ao ser humano.

Para isso, estudantes e professores precisam ser estimulados a expressar palavras e sentidos durante as aulas, o que demanda uma *vigilância pedagógica* por parte do professor (BACHELARD, 1996), em busca de romper com a linearidade típica aos processos de construção de conhecimentos do senso comum e, na outra ponta, dos conhecimentos científicos (SANTOS, 2003). Implica inter-relacionar conceitos cotidianos e científicos de modo a proporcionar de fato o acesso à *abstração e generalização* (VIGOTSKI, 2001) dos conceitos na escola, de modo a serem significativos e relevantes à vida dos estudantes. Alertas do professor frente ao uso de palavras internalizadas de forma diferente por cada indivíduo permitem que o sentido de referência, ou seja, o significado aceito cientificamente, seja preservado. Nesse sentido, considera-se importante que o professor fique vigilante à verbalização de signos e sentidos expressos em aula, afinal, o uso inicial das palavras pelos estudantes, indica apenas o início do processo de significação conceitual. Nas interações com o ‘outro’ os significados das palavras são apropriados, negociados, recriados e ampliados. Dessa forma, são histórica e permanentemente (re)construídos, nas interações.

Assim, o ensino de um conceito precisa se repetir sob várias condições e contextos, de modo que os estudantes usem e verbalizem os significados conceituais, retomando-os e ampliando-os com novos níveis de abstração e generalização produzindo sentidos em contextos diferenciados. Por outro lado, significações de conceitos ‘estruturantes do pensamento químico’ abrangem o uso de signos e sentidos relacionados a entendimentos sobre átomos, moléculas e interações em nível atômico-molecular, que deveriam “ser parte do instrumental mental de qualquer aluno(a) ao deixar a escola” (LIMA; BARBOZA, 2005, p. 41).

Frente à complexidade de tais entendimentos, este artigo analisa abordagens no ensino de química/ciências, quanto ao uso de modelos de estruturas submicroscópicas (em nível atômico, molecular e supramolecular) em explicações relativas a fenômenos vivenciais, a exemplo da respiração. Isso, cientes de que ilustrações e imagens são amplamente tratadas, de forma explícita ou implícita, ao longo das abordagens de conteúdos em livros didáticos de biologia e química do ensino médio e universidade (SANGIOGO; ZANON, 2009).

Entende-se modelos de estruturas submicroscópicas como representações didáticas de ‘entidades químicas’ como átomos, íons, partículas em interação intra e/ou intermolecular que têm finalidade didática de explicar fatos mediante compreensões escolares. Diferentemente de

imagens em fotografias ou micrografias, trata-se de representações de ‘entidades’ que não podem ser visualizadas nem pelo uso de microscópios de alta resolução. Trata-se, pois, de tentativas de representação, nunca numa relação de correspondência direta com a realidade.

Um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e testar de novas ideias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado. (GILBERT; BOULTER, 1995, apud FERREIRA; JUSTI, 2008, p.32).

Tais considerações referendam a importância de estudos e reflexões na formação de professores sobre como modelos de estruturas submicroscópicas são usados em processos de significação conceitual, em química/ciências. Discussões fundamentadas sobre modelos de estruturas submicroscópicas podem possibilitar uma maior compreensão conceitual e, conseqüentemente, um maior desenvolvimento das *funções psicológicas superiores* dos estudantes (VIGOTSKI, 2001). Mobilizações de signos e significados mediados pelo ‘outro mais experiente’ (o professor), permitem aos estudantes apropriarem-se de conhecimentos característicos da esfera cultural da química, e nela, incluir-se progressivamente, enquanto comunidade humana diferenciada, “tornando-se um *indivíduo cultural*, ou seja, humanizado” em novo estágio de desenvolvimento (PINO, 2000, p.42). Quanto mais os processos de enculturação envolverem relações dinâmicas entre conhecimentos escolares e extra-escolares, mais conscientes e responsáveis tornam-se os estudantes, em suas escolhas e ações.

Esse cenário coloca a preocupação de que os modelos são inerentes aos processos de significação da linguagem química expressa em livros didáticos ou em aulas de química/ciências, mas que eles tendem a acarretar obstáculos, ao invés de potencializar aprendizagens significativas por parte dos estudantes, quanto à compreensão teórico-conceitual de ‘entidades químicas’ representadas. Nesse sentido, mediar discussões sobre ‘modelos’ no ensino médio e superior implica saber lidar com *obstáculos pedagógicos e epistemológicos* relacionados à apropriação do conhecimento científico em sala de aula (BACHELARD, 1996). Esses e outros entendimentos situam e justificam a problemática em discussão neste artigo.

ABORDAGEM METODOLÓGICA

A pesquisa, de natureza qualitativa e interpretativa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986) permite, a partir de depoimentos expressos por participantes, produzir e analisar dados de pesquisa. Trata-se de uma pesquisa participante, com contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, co-participando dos espaços interativos em que os sujeitos se manifestam. O registro (vídeo e agenda de campo) e a transcrição das falas propiciam uma *análise microgenética*, “uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e recorte de episódios interativos” com atenção “as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação” (GÓES, 2000, p.9). A análise é *micro* “por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito.” E é *genética* “no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura.” (idem, p. 15).

Com apoio no referencial histórico-cultural, considera-se que nos processos de formação docente planejados e desenvolvidos, cada sujeito interage com outros, impregnado de teorias, práticas e saberes que, socialmente produzidos, mais/menos conscientes e refletidos, são suscetíveis de sistemáticos processos de reconstrução sócio-cultural, mediante assimetrias nas relações intersubjetivas. Valorizamos a visão do caráter sempre interativo, “nem receptivo, nem apenas ativo” nos processos de construção de conceitos escolares, como relação apoiada em sujeitos que “elaboram conhecimentos sobre objetos, em processos *necessariamente* mediados

pelo outro e constituídos pela linguagem, pelo funcionamento dialógico” (GÓES, 1997, p. 13). Assim, “o conhecer tem gênese nas relações sociais, é produzido na intersubjetividade e, é marcado por uma rede complexa de condições culturais”, históricas e sociais (idem, p. 14).

Foram propiciadas e registradas interações entre sujeitos vinculados à escola e universidade, para o que planejou-se e desenvolveu-se um *módulo de interação* (ZANON, 2003), no componente curricular *Bioquímica II* dos cursos de licenciatura em biologia e química da Unijuí. O módulo contou com a participação, simultaneamente, de licenciandos (L), mestrandos (M), professores do ensino médio (PEM) de biologia (PEMB) e química (PEMQ) e a professora da universidade (PU). A temática em discussão foi “enzimas e respiração”. Após, aplicou-se um questionário aos licenciandos, bem como, realizou-se uma reunião em que participaram dois M e dois L. O critério de escolha dos L foi o interesse e participação ativa no módulo. O questionário e reunião visou registrar depoimentos quanto ao módulo desenvolvido, mais especificadamente, sobre discussões relacionadas aos modelos de estruturas submicroscópicas.

Na transcrição, as manifestações dos sujeitos de pesquisa (no módulo e na reunião) foram identificadas por turnos de fala. Os sujeitos foram identificados por PU, PEMB, PEMQ, M1, M2, L1, L2, ... Sempre que se repetia a fala de um mesmo sujeito, repetia-se a(s) letra(s) e número(s), com registros em um caderno de campo para identificação dos mesmos.

Este trabalho trata de um recorte das interações registradas no módulo e na reunião, enfocando a abordagem de modelos de estruturas submicroscópicas e a correspondente mobilização da linguagem que acompanha figuras e ilustrações em livros ou em aulas de biologia e/ou química. Quais contribuições as reflexões sobre modelos de estruturas submicroscópicas propiciam à formação docente, quanto à mobilização de linguagens e conceitos no ensino de ‘enzimas e respiração’?

MOBILIZAÇÃO DE LINGUAGENS E PENSAMENTOS NAS INTERAÇÕES

Para o *módulo* foram elaborados slides com imagens de figuras que representam modelos de estruturas submicroscópicas, como do ATP, ADP, NAD, enzimas, mecanismo da catálise enzimática (complexo enzima-substrato) abordados em livros didáticos do ensino médio e da universidade, relacionados ao conteúdo ‘enzimas e respiração’. Também, questões reflexivas que orientavam discussões sobre abordagens do referido conteúdo. Os slides apresentavam figuras de estruturas submicroscópicas, como as abaixo:

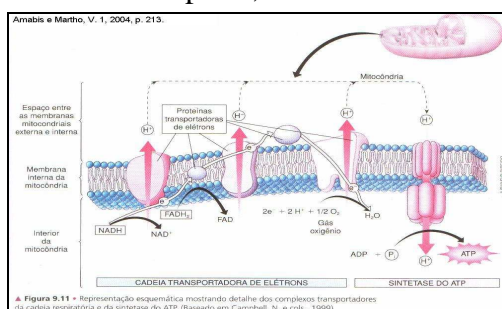


Figura 1: Modelo do Processo e dos Complexos da Cadeia Respiratória.



Figura 2: Modelo da estrutura proteica.

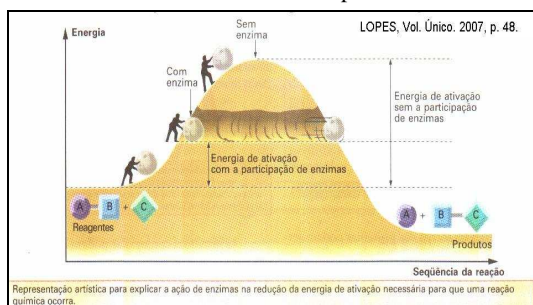


Figura 3: Representação da sequência de uma reação com/sem Enzima.

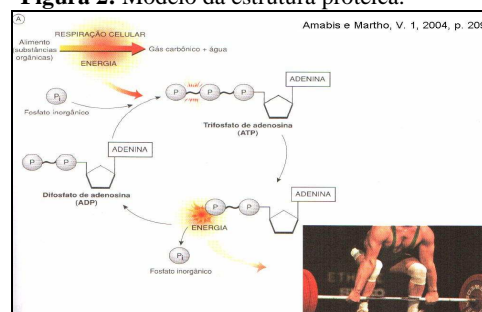


Figura 4: Representação do Ciclo do ATP-ADP.

Observou-se que os slides e as questões permitiram ricas discussões e depoimentos relacionados aos modelos de estruturas submicroscópicas. Discutia-se a amplitude com que os modelos de estruturas submicroscópicas permeiam explicações conceituais em livros didáticos de biologia e química, carecendo, a todo o momento, de cuidados associados às mediações didáticas (intervenção pedagógica) do professor. As falas que seguem foram registradas no módulo interativo mencionado.

283 - PU: (...) Você não iria “enxergar” um fosfolipídio aqui, por exemplo. [aponta para a Figura 1: representação de fosfolipídios na membrana mitocondrial interna].

284 - PEMQ: Nem pensar!

285 - PU: Nem pensar, né? [risos]

286 - PEMB: Eu fiz com meus alunos esse ano a extração de ácidos nucleicos, aquela prática lá. E eu fiz exatamente para eles desmistificarem. Porque no livro didático têm a molécula de DNA, com as bases ‘pareadinhas’, com cor vermelha, amarelo, azul. Quando eu terminei de fazer [o experimento], eles olharam e disseram assim: “Esta remela?”. Esta remela! Quer dizer, tu também desmistifica um pouco...

287 - PU: Eles esperavam aquela “coisa” colorida, bonita ...

288 - PEMB: Eu tinha dito para eles: “Pessoal se vocês querem, nós vamos fazer. Mas o que está no livro é um modelo. E o que nós vamos fazer, vai ser real”. Eles diziam: “Não, nós queremos fazer” [a extração]. Mas, no fundo, eles imaginavam que iam ver. Porque um aluno disse: “bota no microscópio professora”. Eu disse: “Nós não vamos enxergar nada”. Ele repetiu: “Mas bota no microscópio.”. Então, eu disse: “Tá bom, bota-se no microscópio”.

289 - PU: Formam-se grumos, daquele tamanho, né?

290 - PEMB: Eu acho que eles tinham a perspectiva de que iriam enxergar uma base nitrogenada, sabe? A noção de macro e micro, ela é muito complexa. O que eu acho, é que tu tem que saber dosar em que nível você vai chegar, e o que você vai estar usando para discutir esses conceitos complexos. Eu concordo, em gênero, número e grau, com PU, quando ela diz: “o que adianta saber como você escreve NAD, ou como você escreve FAD”. Você pode saber escrever certo, mas não consegue dizer o que é.

291 - PU: Transporta hidrogênios, tudo bem, mas...

292 - PEMB: O quê, na cabeça de um aluno de 1º ano de ensino médio, é um hidrogênio? O que é um elétron? O que é essa molécula de ATP?

293 - M1: Outra coisa é como interpretar essas representações, tipo, aquela membrana que está lá [aponta para Figura 1]. Trazer discussões sobre o caráter limitado daquela representação, lá, o que significa aqueles pontinhos, porque está representada daquela forma.

Este episódio mostra indícios de discussões que vinham sendo desenvolvidas ao longo das interações do módulo, sobre a importância do papel mediador do professor e de sua vigilância nas abordagens de conteúdos que envolvem imagens e modelos que representam estruturas submicroscópicas, em livros didáticos e aulas de biologia e química do ensino médio. Os sujeitos enriqueciam-se mutuamente quanto à mobilização necessária a uma compreensão conceitual mais efetiva de conceitos químicos escolares, em nível atômico-molecular.

Ao final do turno 290, quando PEMB diz “você pode saber escrever certo, mas não consegue dizer o que é”, ela referia-se a entender conceitualmente, em detrimento de verbalizações formalísticas. Discutia-se sobre limites inerentes ao uso de ‘modelos’ em explicações teórico-conceituais, em que os estudantes sejam capazes de significar conceitos em nível atômico-molecular envolvidos na compreensão de fenômenos, de forma coerente com a química/ciências. Afinal, um modelo é uma tentativa de representação, nunca uma relação de correspondência direta com a realidade, tal como sugere a própria palavra, ‘modelo’.

Neste e em módulos anteriores, interlocuções dos sujeitos alertavam para a importância de discussões na formação de professores sobre o risco de se incorrer no *realismo* ou no *verbalismo* (ZANON; SANGIOGO; BECKER, 2008). Para entender um modelo submicroscópico é preciso ir muito além da ilustração e descrição do livro didático, sendo fundamental a mediação didática do professor, sobre o uso de ‘modelos’. O módulo propiciava reflexões sobre o risco dos estudantes tomarem imagens e representações como objetos reais. Segundo Lopes, “o realista supervaloriza suas impressões tácteis e visuais” e dessa forma, “resiste à abstração” (2007, p.149), pela falta de abordagens e compreensões sobre ‘entidades’ específicas da química. Discutia-se sobre o uso de ilustrações de modelos teóricos sem incorrer no outro extremo, “verbalismo puro e simples que estimula e limita a existência dos respectivos conceitos” e na prática esconde o vazio, não assimila o conceito, mas a palavra “pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios.” (VIGOTSKI, 2001, p. 247).

Interlocuções denotavam a preocupação de que expressões de cunho formalístico em aulas do ensino médio (NAD, ADP, ATP, DNA), muitas vezes, não são adequadamente significadas pelos estudantes. Processos de construção do conhecimento escolar em aulas de química/ciências necessitam de abordagens mediadas sobre ‘modelos’, que contemplem relações dialéticas entre conceitos cotidianos e científicos. Sem recair em explicações de cunho verbalístico ou realístico, permitem níveis adequados de abstração e generalização aos estudantes. Por exemplo, o modelo da molécula de DNA mencionado por PEMB (com bolas coloridas), ‘visto’ do ponto de vista dos conhecimentos cotidianos, nada teria a ver com a compreensão teórica da estrutura molecular representada, cabendo ao professor, mediar devidas explicações, o que implica disponibilizar o acesso a linguagens e significados conceituais bastante específicos.

Reflexões no módulo também diziam respeito a abordagens sobre dimensões de ‘entidades químicas’, como a macromolécula de DNA. Afinal, estudantes do ensino médio achavam que iriam ‘ver’ (obstáculo do realismo) as “bases nitrogenadas” do DNA no microscópio, tal como são representadas nos livros didáticos do ensino médio. Isso denota a carência de estudos sobre escalas de medida em aulas de ciências naturais, desde estruturas atômicas, moleculares, supramoleculares, seres microscópicos como vírus, bactérias, protozoários, até objetos visíveis a olho nu.

Falas dos sujeitos corroboram o entendimento de que ‘modelo’ não pode ser estudado como um conteúdo dado de uma só vez, no ensino médio ou universidade. Por ser um instrumento didático-pedagógico que permeia as aulas e livros didáticos de química/ciências, precisa ser constantemente (re)discutido, de modo que o estudante consiga perceber limites dos ‘signos’ e das ilustrações, necessários de serem conceitualmente significados, com a ajuda do professor. Assim, os futuros professores, aprenderão a lidar com obstáculos que dificultam o ‘pensar à luz da ciência’, de forma a mobilizar a capacidade de abstração e uso de conhecimentos de nível submicroscópico, sobre as transformações. Cabe ao professor mobilizar instrumentos e abordagens didático-pedagógicas adequadas, que possibilitem formas de pensamento e imaginação sobre como são as partículas e como elas interagem para manutenção da vida, o que exige elevados graus de abstração por parte dos estudantes. Pode-se inferir que, no módulo, discussões traziam à tona reflexões sobre a complexidade dos processos de ensino e aprendizagem de química/ciências e a importância da mediação de explicações adequadas sobre imagens e ‘modelos’ em livros didáticos e aulas de biologia e química do ensino médio e da universidade. O que se quer destacar é que, seja no âmbito das ciências ou da educação em ciências, são importantes as abordagens e reflexões sobre ‘modelos’. Contudo,

[...] cientistas de diferentes áreas utilizam definições diversificadas para modelos, mas que, certamente, não incluem ideias como ‘modelo é uma cópia de alguma coisa’, ‘modelo é um padrão a ser seguido’, ou ‘um modelo não pode ser modificado’, ideias que podem existir no contexto de utilização cotidiana dessa palavra. (JUSTI, 2003, p.1).

Além do módulo, também na reunião, sujeitos de pesquisa expressaram depoimentos sobre o uso de ‘modelos’ representativos em aulas ou livros do ensino médio. Percebia-se em suas falas, influências da participação no módulo.

288 - L1: O pior da história, eu acho, é não deixar claro o que é uma proteína. Tipo isso aqui [apontou para a Figura 2]. “Ó gente, isso aqui é uma proteína”. Essa figura: o que parece isso aqui? Parece um quadro abstrato...

289 - M1: Vocês falaram no questionário em “traduzir a figura” [...]. Fez uma comparação com um quadro [de pintura] que tinha que ser “interpretado”...

292 - L1: Se tu não sabe química e não aprendeu as proteínas [...], que tem interação química, que aqui tem átomo... Eu escrevi isso [no questionário] justamente, porque se tu não sabe química, [...] vem uma professora [...] e mostra essa figura aqui, tu vai fazer ideia de que isso é uma proteína? Uma enzima? Essa dali [Figura 2] não diz nada, se não tiver a mediação do professor. Esse modelo, ele não diz nada mesmo! É um desenho colorido!

293 - M1: E o que o professor vai fazer lá? Ele vai ficar atento ao que? [...]

294 - L1: Ao nível submicroscópico, que é o que a gente busca o tempo inteiro.

295 - M1: Isso! E adianta o professor ficar lá, falando feito um papagaio sem saber o que o aluno está pensando? Aquela ideia que o PEMQ falou [no módulo], eu achei aquilo impressionante, quando ele disse o que os estudantes [do ensino médio] pensavam sobre aquilo lá [apontou para a Figura 3], perguntando, “como é que pôs e empurrou a molécula para cima, lá?”, quando foi mostrado aquela representação da reação com enzima e sem enzima. Eu achei aquilo fantástico! E pensei, como que a ‘criatura’ foi pensar isso? Então, na nossa cabeça está claro que é uma coisa, mas...

296 - L1: Isso é outra história ...

298 - L2: Isso é muito importante, porque tu só vai ver isso no momento em que você vai dar aula. A gente tem muito clara essa coisa, pra ti falar [L1 indica gestualmente não ser tão claro]. Tem coisas que sim. Por exemplo, se você for falar em reação química, [...] as vezes a gente acaba se empolgando, falando coisas, e não se toca que eles não entenderam ‘patavina’ nenhuma. É a mesma coisa lá em sala de aula [referindo-se ao estágio]. [...] Comecei a falar em íons, moléculas, elétrons, níveis de energia... Mas eles não entenderam nada. [...]

300 - L1: É a importância de ter um aluno pensante [...] que não suporta palavras que ele não entenda, a importância do aluno perguntar: “ó, eu não entendi nada. O que você está falando?”.

Interlocuções denotavam reflexões sobre vivências no módulo e em estágios realizados na licenciatura. L1 e L2 mostravam-se comprometidos com um ensino de química que tenha significado conceitual aos estudantes. Alertam, assim como no episódio apresentado anteriormente, à importância da mediação didática do professor na construção de processos de ressignificação de *ideias estruturadoras* do pensamento químico (LIMA; BARBOZA, 2005), como substância, elétron, reação e outros. Pode-se dizer que os sujeitos levam em conta a importância da participação, ao mesmo tempo, *receptiva e ativa* dos estudantes (GÓES, 1997) na significação conceitual, de modo que o professor perceba o que eles estão pensando e lhes possibilite adequados processos de apropriação dos conceitos, em coerência com a ciência.

A interação com o outro permite a significação das palavras ou dos conceitos, que então evoluem, atingindo níveis sempre mais elevados em direção à abstração e a um pensamento sempre mais de acordo com o pensamento da Ciência que se deseja desenvolver. O uso inicial da palavra pelo aprendente significa apenas, conforme Vigotski, que o conceito pode começar a evoluir, dependendo das interações que daí por diante acontecerem. (MALDANER; ZANON, 2004, p. 56-57).

À medida que o estudante se apropria e usa as palavras/conceitos, significando-as conceitualmente, elas passam a fazer parte de sua estrutura de pensamento. Retomadas em outros momentos e contextos, propiciam a produção de novos sentidos que enriquecem os aprendizados e construções, ampliando o significado e potencializando o desenvolvimento conceitual, o que permite ao estudante novos níveis de abstração, tomadas de consciência, sistematização e generalização. São, principalmente, os conceitos científicos escolares, relacionados com os cotidianos, que potencializam o desenvolvimento das *funções psicológicas superiores* (VIGOTSKI, 2001). Contudo, para isso, é necessário “ter um aluno pensante”, que produza sentidos aos significados dos conceitos escolares. A análise aponta para a importância da vigilância do professor na mobilização de linguagens e pensamentos próprios à compreensão dos conceitos estruturantes do conhecimento químico, mediante formas adequadas de interpretação de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas e livros didáticos de biologia e química.

No turno 292 do episódio, L1 refletia sobre a Figura 2 ao dizer que ela, por si só, “não diz nada mesmo! É um desenho colorido!”. Após M1 questionar sobre o papel do professor ao mediar explicações sobre as figuras, L1 logo responde que é “ao nível submicroscópico, que é o que a gente busca o tempo inteiro”. No módulo de interação também discutia-se sobre a necessidade do professor mediar explicações sobre figuras representativas de estruturas submicroscópicas, típicas a aulas e livros didáticos de biologia e química. L1 ressalta a necessidade da “mediação do professor”, corroborando com discussões desenvolvidas no módulo. L1 defende a importância do professor trabalhar no “nível submicroscópico” expondo importantes preocupações sobre o ensino de conhecimentos científicos/químicos na escola. Denota a compreensão de que o ensino envolve o uso de linguagem significada em nível atômico-molecular.

Em outro momento da reunião, manifestações dos sujeitos denotavam reflexões acerca da mobilização de *ideias estruturadoras* do pensamento químico, em discussões conceituais referentes a modelos de estruturas submicroscópicas. Referiam-se a figuras presentes em livros de biologia (a exemplo da Glicólise ou do Ciclo de Krebs) que envolvem um grande número de substâncias (reagentes e produtos), apenas nomeadas em esquemas (sem as representações das fórmulas químicas).

508 - M2: Discutiu-se no módulo que, muitas vezes, nos livros didáticos ou em uma aula lá do ensino médio, estudantes deparam-se com palavras como ácido pirúvico, piruvato, ATP, ADP, NADH, sem dar atenção às fórmulas, figuras, imagens e modelos das moléculas ou das reações químicas. O que você diz sobre os entendimentos, compreensões e aprendizados dos estudantes sobre as partículas, e as interações, reações, transformações envolvidas? Que dizer sobre livros ou aulas que não contemplam nem as fórmulas, nem mesmo as reações químicas?

509 - L2: Aqui está o porquê eu usaria aquela figura [apontou a Figura 4]. Porque tu mostra [com esta figura] o que é a estrutura do ATP e do ADP, o que as diferencia.

510 - L1: Onde é que o Pi foi? É o fosfato! Não é o Pi. É simples, se tiver a equação. Se não é assim, é complicado.

511 - L2: [...] ele vai decorar uma fórmula, vai decorar nome, mas não vai saber o que é.

512 - M2: E é assim que aparece nos livros de biologia [sem as fórmulas].

513 - M1: Aparece “ácido pirúvico reage com... e forma ...”.

514 - L2: Aí tu vai ver lá o ácido pirúvico, ... aí vai uma criatura e pergunta: “Profe o que é um ácido pirúvico?”. Eu digo: “É um ácido pirúvico”. E daí?

515 - M1: O que adianta apenas falar [sem a fórmula]?

516 - L1: Não precisa mostrar tudo, toda vez. Mas põe o ADP [a fórmula]. Põe o fosfato inorgânico, não só o Pi. Põe o ATP. Mostra de onde saiu o H₂ e o O: da água. E o mesmo para todos os outros. Mostrou? Pronto! Entendimento, beleza! Os átomos não aparecem de qualquer lugar. Os 3 fosfatos saíram desse. Beleza! Não é complicado! Tem que pensar desse jeito. Senão é complicado: é uma decoréba. Não faz sentido. Não tem lógica.

Percebe-se nas interlocuções, preocupações com processos de significação mais apropriados de modelos que representam estruturas submicroscópicas. Pode-se dizer que as falas são decorrentes de significações desenvolvidas ao longo da formação e de reflexões desenvolvidas no módulo interativo, cujos focos de discussão voltavam-se às abordagens em nível atômico-molecular de conceitos/conteúdos típicos ao contexto escolar, a exemplo do conteúdo ‘enzimas e respiração’.

As reflexões voltavam-se à função do professor. É ele quem controla a produção de sentidos aos signos proferidos em aula, à luz da mediação do significado aceito historicamente pela comunidade científica, no caso, sobre ‘entidades químicas’ envolvidas na respiração celular. Palavras explicativas, no contexto, funcionam como agentes ou instrumentos mediadores do pensamento e do desenvolvimento humano. Sem palavras específicas, ‘encharcadas’ de significado conceitual, não há como pensar quimicamente (em nível atômico-molecular). Signos mobilizados em aulas necessitam uma adequada significação a exemplo de representações de ‘entidades’ como ATP, ADP, Pi. Licenciandos ressaltavam que a significação conceitual efetiva necessita da mediação do *outro mais experiente*, o professor, que, através de “processos de negociação” e “decodificação dos signos”, permite ao estudante ir internalizando sentidos e significados às palavras proferidas em aula, sendo “constituído e transformado pelas interações e relações de ensino” (NOGUEIRA, 1993, p. 17, 25, 33).

Novamente as falas apontavam a necessidade inerente à área da mediação de ‘modelos’ associados a uma linguagem adequada, que articule formas de verbalização e de significação de palavras/signos. No ensino, muitas vezes, há necessidade de ir além do uso da linguagem escrita e/ou verbal, demandando a linguagem imagética, o visual, como instrumento didático-pedagógico que ajude a ilustrar as ideias relativas a modelos teóricos representativos de ‘entidades químicas’. A simples verbalização de palavras e expressões químicas como ATP, ADP, NAD, sem o uso de representações das suas estruturas químicas, não permite a compreensão tipicamente escolar. Sendo abstrata, ela exige exercitar a capacidade de imaginação e generalização, mediante formas de pensar e interagir no meio, promovendo o desenvolvimento das capacidades superiores.

Compreender a respiração imaginando interações e reações metabólicas mediante a significação de modelos em nível atômico-molecular é muito complexo. A todo o momento, estruturas se fazem e se refazem. A ‘entidade’ representada não é algo estático e colorido como consta em figuras de livros didáticos. Os Não podem ser visualizados nem com o auxílio de microscópicos. Têm estrutura tridimensional. Movimentam-se. Organizam-se e reorganizam-se mediante interações intramoleculares e intermoleculares, a todo o momento. Nesse sentido, cabe ao professor ficar vigilante às limitações dos modelos representados nos livros didáticos.

Nas aulas de *Bioquímica II* e no módulo, inúmeras imagens representavam estruturas moleculares que eram objeto de análise e reflexão, ressaltando a problemática em discussão: o uso de ‘modelos’ no ensino. Acredita-se que o uso diversificado de figuras, nas aulas, pode ajudar a evitar obstáculos como o realismo, considerando que usar apenas uma figura representativa do modelo de uma molécula limita a compreensão conceitual. É importante que o professor leve em conta que figuras podem estar obstaculizando o acesso ao pensamento conceitual em química. Os estudantes podem ficar presos àquela imagem, tomando-a por real. O inverso também precisa ser evitado. Signos como ATP, ADP, NAD, apenas verbalizados, dificilmente serão significados conceitualmente, como ‘entidades’ em interação química, pela carência de representações estruturais das mesmas.

Mediações de sujeitos, assimetricamente estabelecidas, denotavam reflexões de cunho pedagógico e epistemológico, quanto a processos de apropriação e significação de conhecimentos especificamente escolares. Um sujeito contribuía para a formação do ‘outro’, a partir de questionamentos e depoimentos relativos a práticas escolares. Acredita-se que a articulação entre conhecimentos de biologia e química, conceituais e contextuais em aulas da

licenciatura, acompanhadas de discussões sobre obstáculos como o verbalismo e realismo possam promover processos de reflexão e conceitualização mais significativos à formação para o ensino escolar, na área.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

As interações permitiam reflexões em torno do uso de modelos de estruturas submicroscópicas em explicações sobre ‘enzimas e respiração’, denotando uma mobilização de saberes de cunho didático, pedagógico e epistemológico, com intencionalidade formativa. Refletia-se sobre o uso de linguagens adequadas à compreensão de conceitos estruturantes do pensamento de cada ciência, em constante (re)construção, com atenção à obstáculos que impedem o acesso à compreensões de conceitos químicos escolares significativos e relevantes à vida dos estudantes.

Entendendo com base em Vigotski, que o ser humano aprende e se constitui pela linguagem articuladora do pensamento, através do desencadeamento de processos de apropriação e uso de signos, que carregam sentidos sistematicamente em (re)construção, defende-se uma formação docente mobilizada por graus de assimetria nas interações. As palavras são “meios” que permitem chegar ao significado de um conceito, enquanto generalização. Isso exige do professor a necessidade de cultivar o uso da palavra, mediante processos de produção de sentidos que ajudam a compreender seu significado conceitual. Assim, o contexto histórico-cultural é que desenvolve e constitui o ser humano, enquanto sujeito social.

Nesse sentido, considera-se importante inserir reflexões como as discutidas neste trabalho em cursos de formação de professores, tornando-os mais capacitados e comprometidos com o ensino e a aprendizagem das ciências. Trata-se de reflexões fundamentadas sobre o caráter limitado de imagens, ilustrações ou outras representações de estruturas submicroscópicas que permeiam livros didáticos e aulas do ensino médio e universidade.

Articuladamente ao referencial histórico-cultural, os resultados e discussões corroboram a visão dos aprendizados químicos como processos mentais e interativos que se constituem assimetricamente mediante dinâmicos processos de internalização. As interações que permeiam vivências sociais e culturais, em especial nas instituições sociais com fins educativos específicos, como as escolas, têm, por natureza condições assimétricas diferenciadas. Relativamente ao conhecimento cotidiano, é a mediação do professor que permite o acesso à significação de conceitos científicos escolares significativos e relevantes à vida dos estudantes. Somente um ensino dialógico, capaz de propiciar relações entre conhecimentos diversificados, cotidianos e científicos, mediante o uso de ‘signos’ específicos, com significados teórico-conceituais (o que inclui os modelos) ajudam a interpretar situações reais, a exemplo da ‘respiração’, mediante aprendizados potencializadores de um pleno desenvolvimento humano e social.

REFERENCIAIS

BACHELARD, Gaston. *A Formação do Espírito Científico*: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. RJ: Contraponto, 1996.

FERREIRA, Poliana F. M.; JUSTI, Rosária S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química Nova na Escola*. n° 28, p. 32-36, Mai/2008.

GÓES, Maria C. R. As relações intersubjetivas na construção de conhecimentos. In: GÓES, Maria C. R.; SMOLKA, Ana Luiza B. (Orgs.). *A significação nos espaços educacionais: interação social e subjetivação*. Campinas: Papirus, 1997, p.11-28.

_____. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. *Cadernos Cedes*. ano XX, n° 50, p. 9-25, 2000.

- JUSTI, Rosária S. Proposição de um Modelo para Análise do Desenvolvimento do Conhecimento de Professores de Ciências sobre Modelos. In: *Anais do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru, SP, 2003. p.1-12.
- LIMA, Maria E. C. C.; BARBOSA, Luciana C. Idéias Estruturadoras do Pensamento Químico: Uma Contribuição ao Debate. *Química Nova Na Escola*. nº 21, p. 39-43, Mai/2005.
- LOPES, Alice C. *Currículo e epistemologia*. Ijuí: Unijuí, 2007.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, M. *Abordagens qualitativas de pesquisa: a pesquisa etnográfica e o estudo de caso*. São Paulo: EPU. p.11-24, 1986.
- MALDANER, Otavio A.; ZANON, Lenir. Situação de Estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (Orgs.). *Educação em Ciências: Produção de Currículos e Formação de Professores*. Ijuí: Unijuí, 2004, p. 43-64.
- NOGUEIRA, Ana Lúcia H. Eu Leio, Ele Lê, Nós Lemos: processos de negociação na construção da leitura. SMOLKA, Ana L. B.; GÓES, Maria C. R. (Orgs.). *A Linguagem e o Outro no Espaço Escolar: Vygotsky e a construção do conhecimento*. Campinas: Papyrus, 1993, p. 15-34
- PINO, Angel. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes*. Campinas: Papyrus, ano XX, n. 24, p. 32-43, 2000.
- REGO, Teresa C. *Vygotsky: Uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação*. 15ª ed. Petrópolis: Vozes, 2003.
- SANGIOGO, Fábio A.; ZANON, Lenir B. Reflexões sobre a Formação Docente Referentes a Abordagens de Estruturas Submicroscópicas em Livros Didáticos de Ensino Médio. In: *Anais do VI Congresso Internacional de Educação*. São Leopoldo: UNISINOS, 2009.
- SANGIOGO, Fábio A. *et al.* Transformações Químicas e seus Efeitos Energéticos: compreensões de Estudantes da Licenciatura de Química e do Ensino Médio In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*. Curitiba: UFPR/DQ, 2008.
- SANTOS, Boaventura S. *Um Discurso sobre as Ciências*. São Paulo: Cortez, 2003.
- SANTOS, Wildson L. P.; SCHNETZLER, Roseli P. *Educação em Química: Compromisso com a cidadania*. Ijuí: UNIJUI, 1997.
- VIGOTSKI, Lew S. *A construção do Pensamento e da Linguagem*. Tradução de Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.
- ZANON, Lenir B. *Interações de licenciandos, formadores e professores na elaboração conceitual de prática docente: módulos triádicos na licenciatura de química*. Tese de Doutorado. Universidade Metodista de Piracicaba. Piracicaba (SP), 2003.
- ZANON, Lenir B.; SANGIOGO, Fábio A. A Apropriação do Pensamento Químico por parte de Estudantes na fase Inicial da Formação em um Curso de Graduação em Química. In: *Anais do XIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Campinas: UNICAMP, 2006.
- ZANON, Lenir B.; SANGIOGO, Fábio A.; BECKER, Raquel W. Interações de Licenciandos, Professores do Ensino Médio e da Universidade em Aulas de um Curso de Licenciatura em Química In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Didática e Prática de Ensino*. Porto Alegre: ediPUCRS, 2008.

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