

A complexidade do uso de representações no ensino do conteúdo enzimas – reflexões na formação docente

Fábio André Sangiogo¹ (PG)*, Lenir Basso Zanon² (PQ). *fabiosangiogo@yahoo.com.br.

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Campus Trindade. Florianópolis/SC. 88040-900.

² Programa de Pós-Graduação em Educação nas Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rua do Comércio, 3000. Bairro Universitário. Ijuí/RS. 98700-000.

Palavras-Chave: Representações, Enzima e catálise enzimática, Formação para o ensino.

RESUMO: Com o aumento no uso de imagens representativas de entidades químicas em livros didáticos e outros meios de informação e comunicação, torna-se necessário, cada vez mais, que tais representações sejam discutidas em espaços de formação para o ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Nesse sentido, foram desenvolvidas e analisadas interações em aulas dos Cursos de Ciências Biológicas e Química, com discussões sobre limites e potencialidades do uso de tais representações no ensino, especificamente, do conteúdo enzima e catálise enzimática. As interlocuções desenvolvidas denotam a relevância de considerar a complexidade conceitual que envolve os modelos teóricos, bem como a necessidade da mobilização de saberes docentes referentes ao uso de imagens representativas de interações entre entidades químicas. Isso, para evitar incorrer em obstáculos que impedem o acesso ao conhecimento escolar e, assim, possibilitar melhorias no aprendizado dos estudantes.

INTRODUÇÃO

No âmbito da área é perceptível a carência de pesquisas e discussões sobre processos de ensino e aprendizagem de conteúdos/conceitos que envolvem o uso de imagens representativas de entidades químicas (estruturas submicroscópicas ou nanoscópicas). Isso evidencia a importância de realizar abordagens e reflexões, sobre tais representações, no âmbito da comunidade científica e em espaços de formação de professores; afinal, elas permeiam explicações tanto no âmbito da comunidade científica, quanto nos contextos escolares da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), seja no nível básico ou universitário (SANGIOGO, 2010).

Nos Livros Didáticos (LD) da área das CNT, é perceptível, nos últimos anos, a mudança na abordagem de conteúdos/conceitos ao longo dos diversos capítulos dos mesmos, com um crescente aumento do uso de imagens, a exemplo de representações de estruturas químicas, esquemas, fotografias e outras que alteram as suas formas de apresentação visual. Tal percepção remete para a importância de avançar em discussões sobre condições com as quais professores e estudantes vêm vivenciando espaços de ensino e de formação docente, quanto a significações conceituais relativas a tais imagens que permeiam, cada vez mais, para além dos LD, os artigos de revistas, os jornais, matérias e documentários na televisão e outros meios de informação e comunicação (SILVA et al, 2006).

Pesquisas têm mostrado que “a leitura de imagens precisa ser ensinada”, para a qual, o professor tem papel mediador fundamental na sua respectiva significação conceitual (SILVA et al., 2006, p. 219), seja na interpretação de uma imagem de LD, de um software educacional, de um artigo de revista, de um texto disponibilizado pela Internet ou outros. Também, corrobora-se com a concepção de Silva et al., de que “as imagens são pouco exploradas em sala de aula, o que leva a inferir que boa parte dos professores considera que as imagens falem por si (CARNEIRO, 1997; JEAN-BAPTISTE; CARNEIRO, 2002; CASSIANO, 2002) ou ‘transmitem’ um único sentido” (p. 220), de modo a acarretar dificuldades nas elaborações conceituais ou *obstáculos*

epistemológicos, como alerta Bachelard (1996). Afinal, muitas representações nem sempre são adequadamente apresentadas e discutidas em LD e em aulas de CNT, o que justifica a importância da inserção de discussões sobre as mesmas na formação de professores de CNT, como forma de contribuir na melhoria do ensino e aprendizagem, na área, a exemplo de entendimentos sobre limites, potencialidades e obstáculos relacionados ao ensino de conteúdos/conceitos que envolvem o uso de imagens representativas de entidades químicas. Discussões sobre as mesmas podem permitir avanços em elaborações conceituais dos estudantes, contribuindo, também, para uma melhor percepção sobre o que é representado, mas em coerência com modelos teóricos construídos pela comunidade científica.

As representações de entidades químicas fazem parte de formas variadas de compreensão e explicação de fatos e fenômenos existentes nos contextos da experiência cotidiana ou da construção científica. Elas consistem numa forma de expressão da linguagem que integra e constitui importantes funções na área e no ensino de CNT, de modo a ajudar nas explicações de assuntos e conteúdos que envolvem estruturas complexas, como as estruturas supramoleculares das membranas celulares, micelas, enzimas etc. Com base principalmente em Vigotski (2001), entende-se que tais representações se constituem mediante o pensamento, pelo uso de linguagens e simbologias específicas, de *signos* provenientes da cultura, em especial, a científica e a escolar.

Tal entendimento remete para a relevância de propiciar aos estudantes, processos de apropriação e (re)construção de linguagens e pensamentos específicos às culturas da comunidade científica e escolar, mediante processos assimétricos de interação entre estudantes e professores (VIGOTSKI, 2001). Também alerta para o fato de que as representações de entidades químicas são representações parciais de um modelo e, portanto, não se referem a uma relação de correspondência direta com a realidade, tal como sugerem as palavras 'modelo' e 'representação'.

Neste trabalho, entende-se que modelos explicativos (na ciência ou ensino de ciências) referentes a imagens representativas de entidades químicas correspondem a representações parciais de teorias/conceitos científicos. Representações de átomos, íons, partículas em interação intra e/ou intermolecular, assumidas como objetos teóricos criados e aceitos historicamente pela comunidade científica, têm a finalidade pedagógica de explicar fatos mediante compreensões em nível atômico, molecular e supramolecular. Sendo uma representação parcial, elas nunca correspondem à totalidade da compreensão do modelo científico em questão. Diferentemente de imagens em fotografias ou micrografias, trata-se de representações de entidades que não podem ser visualizadas como tal, nem pelo uso de microscópios de alta resolução. Trata-se, pois, de tentativas de representação, nunca de uma relação de correspondência direta com a realidade, nem da compreensão científica em sua totalidade (SANGIOGO; ZANON, 2009a).

Com base em Bachelard, é importante considerar o pressuposto de que a apresentação por parte de LD, de professores ou de qualquer tipo de recurso didático, não reduzirá a complexidade (e a dificuldade) de compreensão dos modelos teóricos e de representações de nível atômico-molecular. Criados pela ciência, eles decorrem de representações oriundas do pensamento, e de abstrações cientificamente aceitas e expressas por linguagens e conceitos bastante específicos. Por isso, requerem a apropriação de novas linguagens e pensamentos por parte dos estudantes (VIGOTSKI, 2001). Por outro lado, sem uma devida discussão teórico-conceitual, imagens e representações correm riscos de assumir apenas um caráter ilustrativo e de facilitação aparente ao estudante (BACHELARD, 1996; LOPES, 1999).

Diante de tais reflexões, busca-se contribuir com discussões para a área de CNT, de modo a potencializar processos de ensino que envolvam o uso de explicações e, principalmente, de imagens referentes a representações de entidades químicas que permeiam os diversos contextos culturais, seja na ciência, na escola ou no cotidiano.

Considerando o exposto, analisam-se interações desenvolvidas em aulas de Componentes Curriculares (CC) de cursos de formação de professores de CNT, com objetivo de discutir e refletir sobre limites e potencialidades no uso e na compreensão de imagens representativas de entidades químicas do conteúdo enzima e catálise enzimática. Portanto, serão apresentados aspectos importantes de serem considerados e compreendidos pelo professor de CNT ao trabalhar com representações, como as do conteúdo em estudo.

PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa tem um cunho qualitativo e interpretativo, por permitir produzir dados a partir de depoimentos expressos por sujeitos participantes e analisá-los à luz da literatura (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Também, tem um caráter de pesquisa participante, com contato direto e prolongado do pesquisador no ambiente e na situação que está sendo investigada, participando de espaços interativos em que os sujeitos se manifestam acerca do objeto em estudo. Na condição de observador e participante, o pesquisador vivencia e analisa interações nas quais também faz parte como sujeito de pesquisa (idem).

Este trabalho se refere a um recorte de resultados de pesquisa de uma dissertação de mestrado (SANGIOGO, 2010), inserida num Projeto mais amplo do Gipec-Unijuí¹, em que se planeja, desenvolve e analisa *módulos de interação* que contribuem, potencialmente, para superar dicotomias historicamente existentes entre teorias e práticas educativas em espaços de formação para a docência (ZANON, 2003). Os módulos², desenvolvidos em aulas de CC dos cursos de Ciências Biológicas e Química da Unijuí, configuram-se com a participação, simultaneamente, de professores do ensino médio (PEM) de Biologia (PEMB) e de Química (PEMQ), licenciandos (L1, L2, ...), professores da universidade (PU) e mestrandos (M1, M2, ...).

Resultados apresentados se referem aos módulos 8, 9 e 10 em que se apresentava e discutia sobre uma diversidade de representações de entidades químicas do conteúdo “enzimas”. O módulo 8 foi desenvolvido em 2008, no CC de *Bioquímica II* e contou com a participação de 1 PU, 1 PEMQ, 1 PEMB, 2 M e 24 L. O módulo 9 foi desenvolvido em 2009, no CC *Bioquímica I* e contou com a participação de 1 PEMB, 1 PEMQ, 1 PU, 2 M e 45 L. O módulo 10 também se desenvolveu em 2009, no CC *Seminário V* e contou com a participação de 1 PEMQ, 1 PEMB, 1 PU, 2 M e 8L. No módulo 8, a temática em discussão foi “enzimas e respiração” e nos módulos 9 e 10, foi “enzimas e digestão/alimentação”.

Para os módulos, licenciandos foram orientados a realizar estudos sobre o conteúdo enzimas em LD de Biologia e Química do ensino médio, a elaborar alguns *slides* e questões. Nos módulos 9 e 10, um dos M, atuando na condição/função de PU e, portanto, codificado por MPU, apresentou o mecanismo de ação de uma enzima responsável pela digestão das proteínas, a quimotripsina³, além de trazer questionamentos e explicações referentes a imagens representativas de entidades

¹ Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

² Para informações adicionais sobre como são planejados e desenvolvidos os módulos de interação, consultar Sangiogo (2010).

³ Enzima da digestão presente no suco pancreático que, através de várias etapas catalíticas, rompe a ligação peptídica (carbono-nitrogênio, C-N) de proteínas.

químicas que permeiam o conteúdo enzima e catálise enzimática, em LD de Biologia e Química de nível básico e superior. Salienta-se que as imagens foram referenciadas por códigos (LD1, LD2, ...), seguidos pelo ano e página do livro em que foi retirada. Isso, com o propósito de evitar julgamento de valores sobre editoras ou autores de LD, e ciente de que a pretensão do artigo é proporcionar melhorias junto ao ensino que envolve o uso de representações, como as do conteúdo enzimas.

As interações desenvolvidas nos módulos foram gravadas em vídeo. Após, foi realizada a transcrição das manifestações dos sujeitos de pesquisa, que foram identificadas por turnos de fala, com identificação de cada sujeito, utilizando-se da codificação já mencionada. Sempre que se repetia a fala de um mesmo sujeito, repetia(m)-se a(s) letra(s) e número(s). Posteriormente, a análise minuciosa das transcrições possibilitou a construção de episódios que suscitaram em reflexões consideradas relevantes de serem inseridas junto ao ensino e formação para o ensino de CNT, sendo que algumas delas serão relatadas, apresentadas e discutidas a seguir.

INTERLOCUÇÕES NO ENSINO DE IMAGENS REPRESENTATIVAS DO CONTEÚDO ENZIMAS

Para melhor contextualização dos resultados apresentados a seguir, cabe situar que, durante os módulos analisados (8, 9 e 10), diversas abordagens e explicações alertavam para a visão da complexidade conceitual envolvida na compreensão de entidades químicas representadas em imagens das temáticas discutidas. Nos módulos, durante explicações de conteúdos/conceitos relacionadas à compreensão das temáticas em estudo, eram propiciadas discussões, reflexões e questionamentos, por parte de sujeitos, sobre a importância do uso, ou não, de certas imagens ou representações no processo de ensino e aprendizagem de CNT. Ressaltou-se diversas vezes durante as interlocuções, a essencialidade do papel mediador do professor, no sentido de explicitar discussões sobre representações que são oriundas de modelos teóricos/explicativos.

No *módulo 9*, o MPU (mestrando que atuava na condição/função de professor do CC - estagiário da Pós-Graduação), ao explicar sobre a digestão e o mecanismo de ação de uma enzima, ressalta a necessidade do uso de modelos, como segue:

27: MPU: [...] então, as explicações envolvem modelos. Como os “vemos”? O que é um modelo? ((breve silêncio)) No laboratório, vocês podem visualizar a atividade da saliva em contato com o amido, mediante a mudança de cor, acrescentando reagentes, né? Isso é um fato observável, mas para explicar a ação da saliva, utilizam-se modelos. A enzima, a amilase salivar e o amido são substâncias formadas de moléculas. A enzima, amilase salivar, ela tem uma estrutura de várias ligações de aminoácidos que formam a enzima em si, que então atua para essa degradação do amido. Explicamos o fato, mediante um modelo, a enzima transforma o amido em um açúcar redutor, vocês viram isso lá no experimento ((realizado na aula do CC)). Fatos observáveis, a mudança de cor, são explicados por ideias, através de modelos, que são inobserváveis, são criados. Ambos se relacionam, um implica o outro, fazer essas relações é pensar quimicamente. Isso foi adaptado de um livro do ensino médio [...].

MPU enfatizava a importância dos modelos teoricamente criados para a explicação de fatos observáveis. É perceptível a intencionalidade de, ao explicar o conteúdo, suscitar reflexões sobre o uso de modelos teóricos propostos pela comunidade científica. Considera-se importante a menção de MPU a um LD de Química (LD3, p. 3), bem como às atividades que estudantes haviam desenvolvido em aulas anteriores ao módulo, como o caso da amilase salivar⁴, de modo a situar as discussões. Interlocuções sobre modelos, como no turno acima, nem sempre são realizadas em cursos de formação de professores e em aulas do ensino médio, o que

⁴ Enzima presente na saliva, que transforma o amido em açúcar.

pode possibilitar concepções epistemológicas inadequadas quanto a compreensões de conceitos e conteúdos da área das CNT (SANGIOGO; ZANON, 2009b).

No turno apresentado, apesar do avanço na ideia de modelo, MPU poderia ter expressado uma forma mais afastada do risco a uma concepção realista, evitando dizer: “*vocês viram isso lá no experimento*”, referindo-se ao modelo explicativo da “*atuação*” da enzima, que transforma o amido em açúcar redutor. Isso remete ao cuidado pedagógico e epistemológico, importante de ser considerado na mediação de linguagens em sala de aula, evitando expressões que levem o pensamento dos estudantes a incorrer no obstáculo do realismo (BACHELARD, 1996), visto que os mesmos, pela expressão de MPU, poderiam compreender as representações da enzima, do amido e do açúcar redutor como uma realidade (fotografia das entidades químicas) e não uma representação de um modelo, como o próprio MPU deixa claro ao dizer, logo em seguida, que tais modelos são “*inobserváveis*” ou “*criados*”.

Considera-se importante que ideias como as expressas no turno 27 sejam retomadas e aprofundadas em sala de aula. Isso, na perspectiva de que os estudantes comecem a entender que modelos e representações devam ser vistas como tal, não como o real, o fato ou o observável. Nesse sentido, palavras como “*modelo*” ou “*representação*” tornam-se importantes de serem usadas e significadas em aulas e LD de CNT. No entanto, o uso da palavra não é suficiente para a compreensão das ideias ou teorias representadas por uma ou outra figura que é elaborada com base em conceitos historicamente aceitos na comunidade científica. Há necessidade, em algum momento, da mediação de tais palavras, a exemplo do que exposto no turno 27.

Nos módulos foram apresentados *slides* contendo uma variedade de figuras representativas de entidades químicas, a maior parte delas oriundas de LD do ensino médio e universitário. Nesse cenário, articuladamente aos questionamentos sobre representações e sua importância no ensino das temáticas em estudo, nos módulos 9 e 10, discutiu-se, por exemplo, sobre um slide (Figura 1) que representa as etapas da catálise enzimática da quimotripsina.

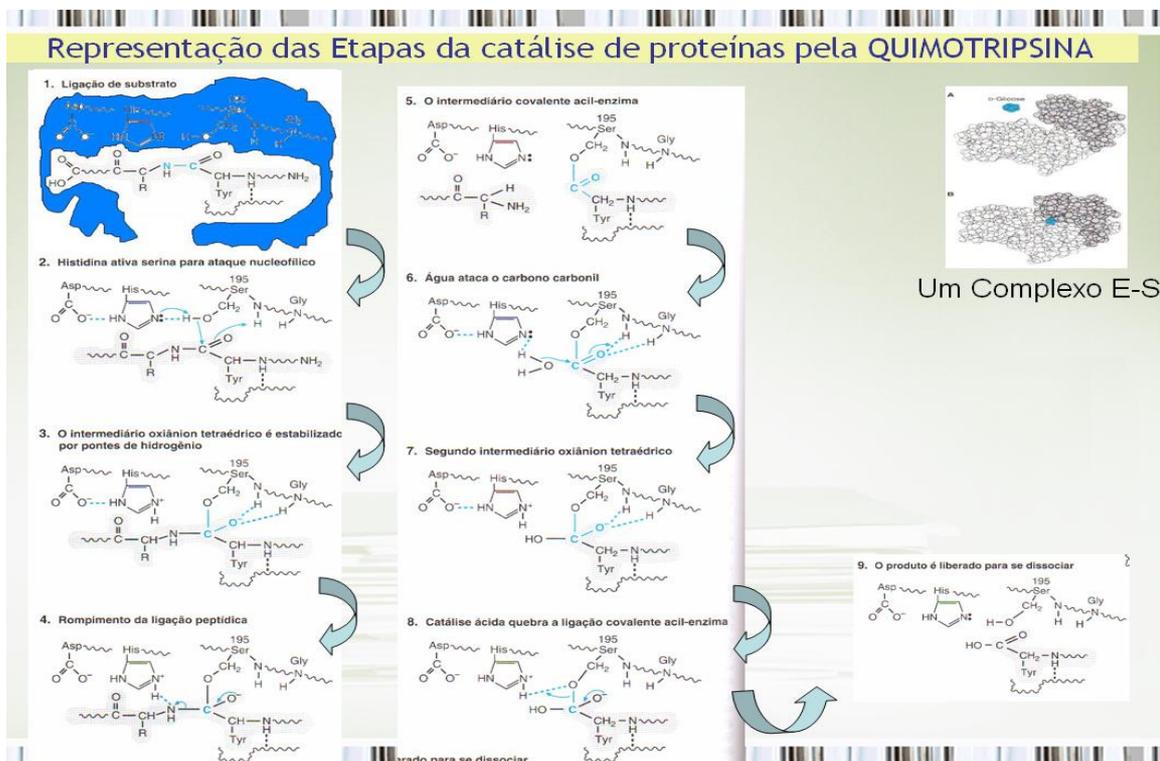


Figura 1: Representação das etapas do mecanismo de ação da quimotripsina (LD5, p. 112).

A Figura 1 foi editada com base num livro de Bioquímica do ensino superior e usada para explicar o mecanismo de ação da quimotripsina (enzima da digestão), que está representada numa sequência de nove etapas. Nos módulos, havia ênfase nas interlocuções que visavam a explicação das diversas interações químicas envolvidas na ação catalítica, que torna possível (teoricamente) a compreensão do rompimento da ligação covalente (C-N) de proteínas. Ressaltava-se, nos módulos, que a interação entre enzima e substrato se dá por diversas interações químicas e não por um simples encaixe físico, como é representado em LD do ensino médio.

Nos módulos 9 e 10, após a apresentação de algumas propriedades que caracterizam as enzimas (o que inclui a sua composição química) e do *slide* (Figura 1), apresentou-se uma animação (de um livro usado no ensino superior), que representa o mecanismo de ação da quimotripsina. Algumas imagens foram “capturadas” e constam na Figura 2, na sequência em que ela rodava:

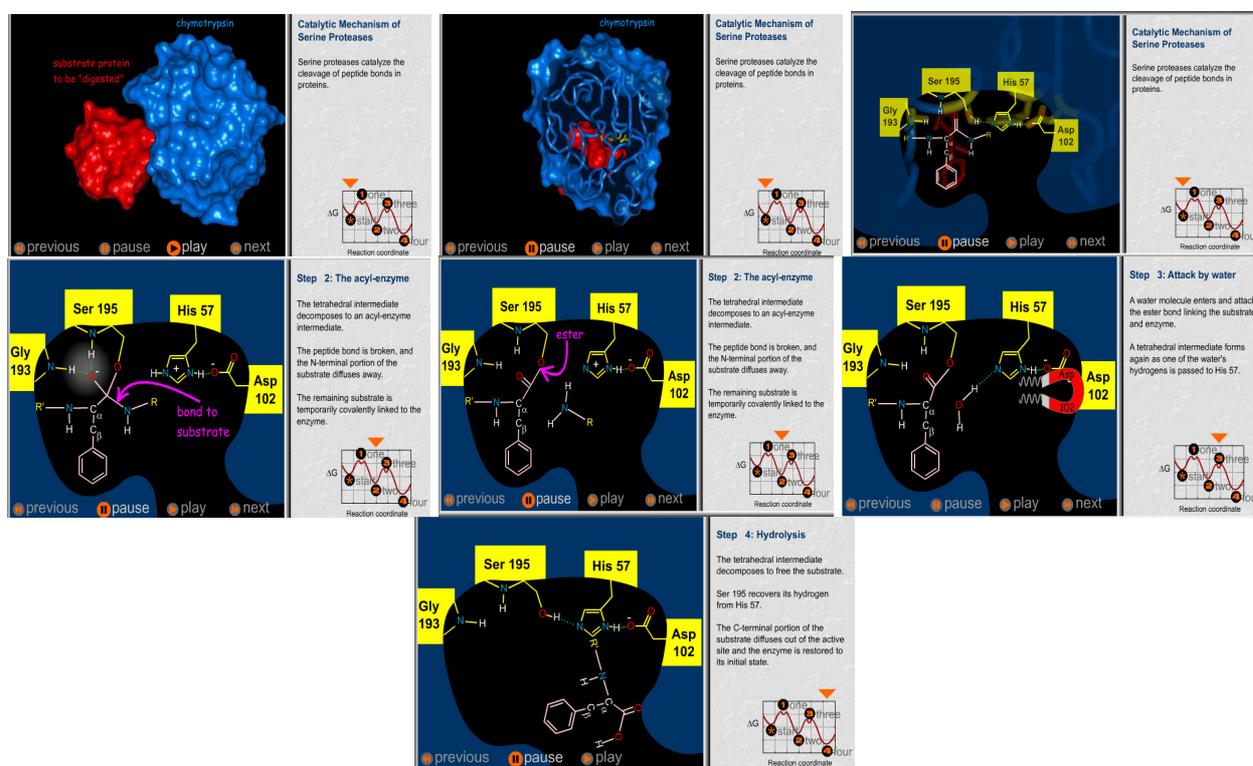


Figura 2: Imagens de uma animação (LD6, CD-ROM) que representa o mecanismo de ação da quimotripsina.

Ao mesmo tempo em que as imagens eram apresentadas, explicava-se o mecanismo de ação da quimotripsina, evidenciando as interações intra e intermoleculares envolvidas em cada uma das várias etapas da sua “atuação”.

Imagens foram apresentadas e discutidas de modo que os sujeitos participantes pudessem perceber e discutir sobre limitações conceituais associadas a figuras presentes em LD de Biologia e Química do ensino médio.

Assim como na representação anterior (Figura 1), a animação permite aos estudantes irem além da percepção de um mero encaixe físico entre enzima e substrato. Além disso, possibilita-lhes romper com visões estáticas de imagens relativas a representações de LD, em detrimento da ideia de movimento dos átomos e moléculas, da sua estrutura tridimensional e sequência de diversas etapas que evidenciam as interações químicas (intra e intermoleculares) que são representadas na

animação. Nesse sentido, compreende-se que a animação qualifica a significação do modelo teórico da ação das enzimas, em especial, da quimotripsina.

No entanto, Moreira e Borges (2007, p. 31, com base em LOWE, 2003) alertam para o fato de que as animações nem sempre contribuem para o processo de ensino e aprendizagem, podendo “resultar em uma sobrecarga cognitiva para o aprendiz”, que pode encontrar dificuldade na compreensão do modelo teórico em estudo. Nesse sentido, torna-se fundamental que o professor medie informações ou aspectos conceituais importantes que estão sendo representados na mesma. Tal compreensão também se refere às figuras de LD ou aulas de CNT; afinal, “os alunos não se valem de toda informação apresentada nas ilustrações. Lewalter argumenta que figuras estáticas e animações não são mediações simples. Elas confrontam os estudantes com problemas específicos de interpretação” (MOREIRA; BORGES, 2007, p. 32). Isso remete à compreensão da importância do uso de diversificadas representações explicativas dos modelos teóricos que são estudados na escola, a começar por representações mais simples; representativas de um menor número de variáveis/informações. No entanto, o modelo teórico, para ser mais bem compreendido, também demanda o uso de representações mais complexas, com um maior número de variáveis/informações, a exemplo das imagens expressas nas Figura 1 e 2.

Interlocuções expressas no módulo 10 remetiam para a possibilidade, ou não, do uso de animações (LD6) ou de figuras como a apresentada no *slide*.

428: PEMB: [...] eu sou da seguinte opinião, que estes modelos, eles têm que vir pra nos ajudar. Agora, o que vai fazer com que meu aluno entenda mais ou menos, é o tipo da mediação, de interação que eu vou estabelecer com ele, a partir do modelo. Porque eu não posso achar que eu vou “botar” a figurinha pra rodar, que eu vou pôr..., [...] vou deixar a animação “correndo”, e que meu aluno vai entender.

429: PU: Por conta, né?

430: PEMB: Isso. [...]

434: PEMB: Eu acho que se eu conseguir entender ela, porque em primeiro lugar, eu tenho que sentar e estudar ela, daí eu consigo fazer a mediação. Eu não sei se a PEMQ concorda, mas eu...

435: PEMQ: Plenamente.

A expressão “*estes modelos, eles têm que vir pra nos ajudar*”, aliada às interlocuções que levam em conta a complexidade conceitual representada nas imagens, quando PEMB fala sobre a necessidade de, primeiramente, “*conseguir entender*”, para, depois, desenvolver “*o tipo da mediação, de interação*” que estabelece com os estudantes, denota compreensões importantes sobre o ensino de CNT, como a necessidade de explicações que considerem a complexidade conceitual que envolve os modelos explicativos, como a do conteúdo enzimas.

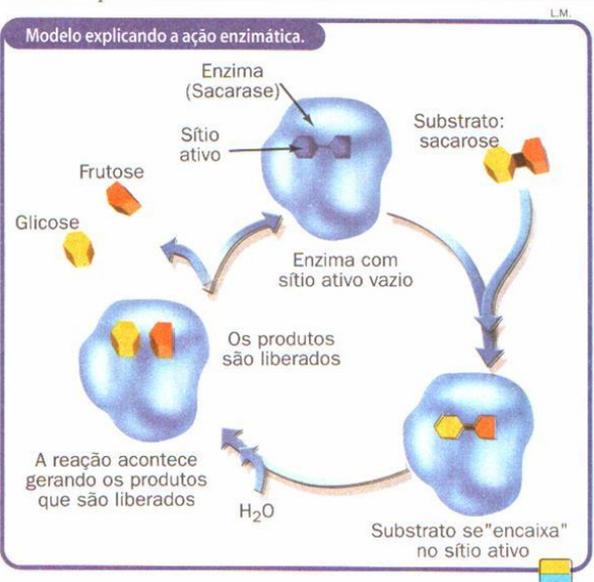
Nos *módulos*, explicações conceituais ajudavam a entender o modo de ação das enzimas que, em meio a diversos questionamentos sobre representações de LD, permitiam refletir sobre limites e potencialidades conceituais que são expressas nas mesmas. Seguem alguns exemplos de questionamentos expressos no módulo 9.

123: MPU: [...] Os LD trazem várias representações. Essas aqui ((referindo-se ao *slide* apresentado))...

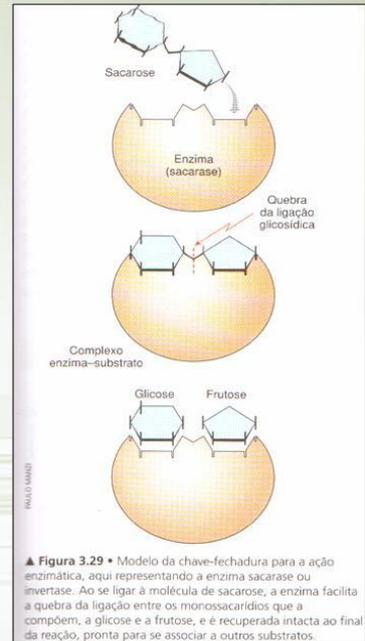
Representações da interação E-S em Livros Didáticos (sacarase)



Tais representações são suficientes para a compreensão bioquímica??



LD1, p. 541.



LD7, p. 75.

124: PU: Do ensino médio, né?

125: MPU: ... de Biologia, esse aqui é do LD1 ((p. 541)), esse aqui também é de Biologia, ((LD7, p. 75)), que são interações enzima-substrato. Será que tais representações são suficientes para a compreensão bioquímica? Agora que vocês têm um pouquinho mais de condições, e perceberam todas as etapas, as interações que acontecem. Será que elas são suficientes a nível de ensino médio? [...]

O modelo de chave e fechadura permite entender por que as enzimas são tão específicas. É porque sua atuação depende do formato da molécula do substrato. Apenas as enzimas com formato adequado conseguem ligar-se a um determinado substrato e acelerar a reação da qual ele toma parte. Apenas a chave certa é capaz de abrir uma fechadura.

Enzima Substrato Complexo enzima-substrato

LD9, p. 424.

O modelo chave-fechadura explica por que determinadas substâncias têm princípio ativo no organismo e outras, não. Substâncias ativas são como chaves específicas que interagem com as macromoléculas, biorreceptores que atuam como fechaduras.

LD4, p. 552

- como os estudantes compreendem as interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas (pelo modelo chave-fechadura)?

- analogias/imagens ajudam ou atrapalham?

- reduzem a complexidade conceitual?

- é isso que se quer em aulas de Biologia e Química?

- O que você faria?

138: MPU: Como os estudantes compreendem as interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas, pelo modelo chave-fechadura? Se compreendem. As analogias ou imagens ajudam ou atrapalham? Reduzem a complexidade conceitual? Será que é isso que se quer no ensino de Biologia ou Química? O que fazer? São questões que preocupam.

Explicações conceituais sobre o modo de ação das enzimas e a variedade de questionamentos ao longo das apresentações motivavam discussões sobre as representações de estruturas submicroscópicas, propiciando inquietações e questões que licenciandos e professores se faziam em relação a figuras presentes em LD, bem como sobre possibilidades de significação por parte de estudantes do ensino médio e da universidade (SANGIOGO, ZANON, 2009b).

Sob o pretexto da facilitação, os LD, por si só, nem sempre privilegiam as linguagens necessárias aos processos de abstração e racionalização, fundamentais na construção de aprendizagens e pensamentos relativos a conceitos escolares (VIGOTSKI, 2001), a exemplo do modelo “chave-fechadura”, que representa de forma bem limitada as interações químicas entre a enzima e o substrato. Afinal, a compreensão conceitual da ação enzimática vai muito além dos conteúdos escritos sob a forma de texto e/ou o que está representado nas figuras dos LD. Cabe aí o papel mediador do professor!

Lopes (2007, p. 143), embasada em Bachelard, ressalta a importância de se afastar das imagens, pois elas são sedutoras, assim como as metáforas, que são traduções “pouco precisas do conhecimento científico: [pois] não racionalizam, mas produzem a crença de conhecimento, a impressão de que se compreende”. Tais reflexões, aliadas a discussões sobre obstáculos pedagógicos e epistemológicos relacionados ao processo de construção do conhecimento científico escolar, demandam a atenção do professor a possíveis incompreensões e deturpações relacionadas aos aprendizados dos estudantes. Afinal, as imagens expressas em LD são representações parciais do modelo teórico. Nesse sentido, representações demandam a mobilização de linguagens específicas às ciências, para além das explicações e representações dos LD, a fim de permitir desconstruções e avanços conceituais relacionados a imagens ou analogias utilizadas em aulas de CNT.

Nos módulos, questionava-se sobre o uso da analogia da “chave-fechadura” no ensino de CNT, amplamente conhecida por professores de Biologia e Química. Compreende-se que a figura representa adequadamente a especificidade da enzima, que só atua com o seu substrato, assim como cada chave só abre a sua respectiva fechadura. No entanto, deixa a desejar quanto à compreensão de outras variáveis, como as interações químicas, essenciais para a compreensão do mecanismo de ação de uma enzima.

Tais discussões foram desenvolvidas a partir de questionamentos como o de MPU, no turno 138, sobre compreensões relacionadas a “*interações em nível atômico-molecular envolvidas nas reações enzimáticas, pelo ((uso do)) modelo chave-fechadura*”, no que se refere a possíveis entendimentos por parte de estudantes do ensino médio ou da universidade. MPU questionava se “*as analogias ou imagens ajudam ou atrapalham*”, ou “*reduzem a complexidade conceitual*”. Lopes, com base em Bachelard, chama a atenção ao processo de significação do conhecimento, ao dizer:

A razão acomodada ao que já se conhece, procurando manter a continuidade do conhecimento, opõe-se à retificação dos erros ao introduzir um número excessivo de analogias, metáforas e imagens no próprio ato de conhecer, com o fim de tornar familiar todo conhecimento abstrato, constituindo, assim, os obstáculos epistemológicos (2007, p. 45).

Segundo Bachelard, analogias podem gerar obstáculos ao acesso do conhecimento científico, ficando-se “preso” ao senso comum (ao análogo), sem direcionar o pensamento para a devida compreensão teórico-conceitual, desejada de ser aprendida pelos estudantes, na escola.

Também, discutia-se sobre outros limites conceituais de representações de LD do ensino médio, a exemplo da figura do LD1 (referida no turno 123), que representa

uma visão cíclica da atividade da enzima, segundo a qual, após liberar o(s) produto(s), torna-se novamente livre para atuar com novos substratos, o que é uma das propriedades importante de ser compreendida. Mas que, no entanto, ela e outras figuras referidas no episódio, representam uma ideia equivocada sobre a interação entre enzima e substrato, por estar representada como um encaixe físico/mecânico ente enzima e substrato, diferente do que propõem as imagens dos LD de ensino superior. Nesse sentido, defende-se a importância de que professores de CNT, entendam que imagens, como as apresentadas no episódio anterior, deixam a desejar quanto ao aspecto mais central do ensino: as interações químicas envolvidas na catálise enzimática, o que remete para explicações que vão para além do que está representado.

Com base nas reflexões desenvolvidas até aqui, defende-se, seja no ensino médio ou superior, a necessidade de o professor mediar compreensões conceituais sobre e para além do que está representado em imagens referentes a entidades químicas. Figuras, como as que acompanham explicações do conteúdo enzimas e catálise enzimática, exigem do professor compreensões e discussões quanto às suas propriedades (conceitos). Com base em tal perspectiva, uma diversidade de conceitos que ajudam na explicação das temáticas em estudo foi discutida nos módulos, como: a estrutura química (primária, secundária, terciária e quaternária) das proteínas/enzimas; a sua disposição no espaço; a estrutura globular ('partes' hidrofóbicas e hidrofílicas que possibilitam a ação em meio aquoso); que as enzimas são polímeros de aminoácidos, uma classe das proteínas que atuam como catalisadores biológicos; que elas têm pH e temperatura ótima para "atuar", ou seja, aumentando ou diminuindo temperatura e/ou pH, podem ser desnaturadas e/ou perderem a atividade biológica.

Questionou-se sobre como as enzimas (a exemplo da quimotripsina) conseguem romper ligações covalentes (como a ligação C-N) nas condições celulares (pH neutro, temperatura de aproximadamente 37°C). Interlocuções enfatizavam que no corpo humano a presença de enzimas é indispensável para que as transformações químicas ocorram. Também se realizou explicações sobre o seu mecanismo de ação, de modo a compreender sobre interações químicas. Explicava-se que na "atuação" da enzima, os resíduos de aminoácidos (dos radicais) são responsáveis pela ação do sítio ativo (ou catalítico) que se modifica/reorganiza durante a sequência de reações com o substrato, formando ligações covalentes e interações mais fracas, como as hidrofóbicas, eletrostáticas e ligações de hidrogênio. Também, discutia-se sobre a energia de uma ligação covalente, a estabilidade química e as estratégias da interação entre enzima e substrato para desestabilizar a ligação a ser rompida no substrato. Nesse sentido, as Figuras 1 e 2 exerciam um importante papel na compreensão das temáticas em discussão, que tinham como foco, entender e discutir sobre representações do conteúdo enzima e catálise enzimática.

Provavelmente, a forma linear e fragmentada, como muitas vezes são ensinados os conteúdos, não possibilita que estudantes compreendam sobre a catálise enzimática. Pergunta-se: por que não estudar um sistema complexo como a ação enzimática, em vez de uma lista de conteúdos que não se articulam? Cabe salientar que o ensino deve ser trabalhado de forma inter-relacionada com situações da vivência dos estudantes, de modo que eles percebam que tais enzimas, bem como o processo catalítico, compõem um sistema conceitual que permite explicar situações de seu cotidiano, a exemplo da sua digestão/alimentação, respiração, fermentação e ação dos fármacos. Também se entende que seja necessário "tratar" tais explicações como modelos teóricos, que permitem interpretar fatos/fenômenos e, portanto, não correspondem diretamente à realidade. O mesmo vale para representações de

entidades químicas que ajudam nas explicações de tais modelos teóricos: tratam-se de representações parciais criadas com o fim específico de explicação e interpretação de um fato/fenômeno.

Discussões alertam para o pressuposto de que não existe uma representação ideal para um modelo ou explicação teórica, uma vez que sempre existirão limites, possibilidades ou riscos de incompreensão conceitual. Portanto, defende-se o uso de diversas representações parciais, de modo a desenvolver aprendizagens mais coerentes com modelos teóricos estudados em aulas e/ou LD de CNT.

O entendimento das temáticas em estudo, nos módulos, demanda, para a sua compreensão/explicação, de uma rede complexa de conceitos básicos que estão em inter-relação, a exemplo de átomo, molécula, interação intra e intermolecular, energia de ativação, reação química e outros. Tais conceitos ou postulados explicativos que configuram o modelo teórico não podem ser expressos em uma única imagem ou representação pictórica, ou seja, não existe uma única representação que dê conta do modelo. Há necessidade de uma variedade de representações e/ou explicações para compreender, de forma coerente com as ciências, a “atuação” de uma enzima. No entanto, assim como vários outros conceitos, o que é expresso numa imagem representa “certas variáveis” do modelo científico ou curricular. Portanto, como bem expressa Silva *et al.* (2006), tais variáveis necessitam ser mediadas para os estudantes; afinal, as imagens não falam por si e, muitas vezes, sob o ponto de vista do cotidiano, não permitem as mesmas compreensões que um autor de LD, pesquisador, professor ou estudante teve intenção de expressar.

Ao defender uma proposta de ensino que vise levar em conta a complexidade conceitual que envolve as temáticas como “enzimas e respiração” ou “enzimas e digestão”, não se tem a ingenuidade de imaginar que estudantes do ensino médio compreendam todos conceitos aqui apresentados. Mas se entende que eles podem estudar os conceitos de uma forma mais aprofundada, no âmbito de uma situação vivencial, levando-se em conta a complexidade exigida para entendê-las sob a ótica das ciências. Compreende-se que em sistemáticos estudos sobre situações vivenciais, estudantes têm oportunidade de retomar e ressignificar conceitos que são *estruturantes do pensamento químico*, como a ideia de átomo, molécula, interação e outros, que são conceitos que perpassam explicações de diversos fenômenos, que *a posteriori*, podem ser usados na interpretação de diversas outras situações de seu cotidiano (LIMA; BARBOZA, 2005, com base em NAKHLEH, 1992; MILLAR, 1996; MORTIMER, 1995).

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Discussões desenvolvidas, com base na análise dos módulos de interação, permitem evidenciar que representações presentes em LD de Biologia e Química do ensino médio são, muitas vezes, demasiadamente simplistas para possibilitar compreensões teóricas relacionadas a interações de nível submicroscópico, a exemplo das representações da interação entre enzima e substrato, apresentadas em LD do ensino médio, que pouco auxiliam para imaginar como se dá a catálise enzimática, em termos de tais interações.

A análise de abordagens e discussões importantes de serem consideradas na mediação de assuntos/conteúdos que envolvem o uso de representações (como as do conteúdo enzima e catálise enzimática) alerta para o fato de que os processos de apropriação e ressignificação de saberes científicos escolares (em nível submicroscópico) dependem da mobilização de saberes docentes diversificados que considerem as relações entre sistemas conceituais complexos. As representações usadas nem sempre são adequadas para orientar o pensamento na direção do

conhecimento teórico/abstrato, típico às compreensões de situações vivenciais e, portanto, tendem a acarreta em incompreensões e/ou obstáculos na aprendizagem.

Nesse sentido, entende-se que imagens representativas de estruturas submicroscópicas necessitam ser problematizadas quanto a entidades químicas nelas representadas e, para tal, o professor tem a tarefa de mediar explicações que levem em consideração limites e potencialidades conceituais nelas expressas. Assim, compreende-se que a partir mediações assimetricamente estabelecidas em contexto escolar, tais imagens podem funcionar como mais um recurso/instrumento de ensino que pode potencializar o aprendizado dos estudantes.

AGRADECIMENTOS: Aos sujeitos de pesquisa, ao Gipec-Unijuí, ao CNPq e à FAPESC.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico:** contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- LIMA, M. E. C.; BARBOZA, L. C. Ideias estruturadoras do pensamento químico: uma contribuição ao debate. **Química Nova na Escola.** n. 21, p. 39-43, maio 2005.
- LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar:** ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: UERJ, 1999.
- LOPES, A. R. C. **Currículo e epistemologia.** Ijuí: UNIJUÍ, 2007.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em Educação:** abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- MOREIRA, A. F.; BORGES, O. Ambiente de aprendizagem de Física mediado por animações. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte:** ABRAPEC, V. 7, n. 1, p. 29-50, 2007.
- SANGIOGO, F. A. **Representações de Estruturas Submicroscópicas no Ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:** (re)construção de conhecimentos escolares. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências). Unijuí: Ijuí, 2010.
- SANGIOGO, F. A.; ZANON, L. B. Mobilização de linguagens e pensamentos necessários à compreensão de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de Ciências. In. **Anais do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.** Florianópolis, 2009a.
- SANGIOGO, F. A.; ZANON, L. B. Reflexões sobre o uso de modelos de estruturas submicroscópicas em aulas de bioquímica da universidade. In. **Anais do 29º Encontro de Debates sobre Ensino de Química.** Santa Maria: UNIFRA, 2009b.
- SILVA, Henrique C. *et al.* Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. **Ciência & Educação.** V. 12, n. 2, p. 219-233, 2006.
- 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 (Doutorado em Educação). Piracicaba: UNIMEP. 2003.