

Um estudo sobre o conhecimento pedagógico do conteúdo de “cinética enzimática” de um professor do Ensino Superior por meio das suas narrativas

Robson Macedo Novais¹, Cecília Galvão² e Carmen Fernandez^{1, 3}

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil. ²Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. ³Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil. E-mails: robsoniq@gmail.com, cgalvao@ie.ul.pt, carmen@iq.usp.br.

Resumo: Neste trabalho explicitamos indícios do conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) sobre o tema “cinética enzimática”, de um professor da Educação Superior, reconhecidos em suas narrativas sobre a abordagem que utiliza para o ensino desse tema. Para isso, aplicamos um questionário, analisamos o seu planejamento de ensino e realizamos entrevistas que foram registradas em áudio e vídeo. Para a análise dos dados utilizamos como referencial a concepção de PCK proposta por Pamela Grossman. Os resultados revelaram que para esse professor o propósito do ensino desse tema é oferecer subsídios para que os alunos compreendam a atuação das enzimas no metabolismo e desenvolvam competências e habilidades. Ele destaca como obstáculos para a aprendizagem a presença de concepções alternativas, como a ideia de uma atuação “mágica” das enzimas no metabolismo e a dificuldade dos alunos para diferenciar a influência de fatores cinéticos e termodinâmicos em uma catálise enzimática. Em sua abordagem, utiliza estratégias instrucionais centradas na interação entre os alunos e propõe uma organização curricular “instrumental” para o ensino desse tema.

Palavras-chave: cinética enzimática; Ensino Superior; PCK.

Title: A study of the pedagogical content knowledge of “enzyme kinetics” of a higher education professor through his narratives

Abstract: In this paper we make explicit evidences of pedagogical content knowledge (PCK) on “enzyme kinetics”, of a higher education teacher, recognized in his narratives about the approach he uses for teaching this subject. For this, we applied a questionnaire; we analyze his teaching planning and conducted interviews that were recorded in audio and video. And, we analyzed the data using as reference the concept of PCK proposed by Pamela Grossman. The results reveal that for this teacher the purpose of teaching this subject is to provide grants for students to understand the role of enzymes in metabolism and develop skills and abilities. He stands as an obstacle to learning the presence of alternative conceptions, such as the idea of a “magic” action of enzymes in metabolism and the difficulty of students to differentiate the influence of kinetic and thermodynamic factors in enzymatic catalysis. In his approach, he uses instructional strategies focused on interaction between students and

proposes an “instrumental” curricular organization to the teaching of this subject.

Keywords: enzyme kinetics, higher education, PCK.

Introdução

Ao se tratar sobre formação de professores o foco quase sempre se volta para a Educação Básica. A formação do professor universitário, por sua vez, fica à deriva da experiência adquirida pela prática ou por estágios pontuais durante a pós-graduação. A falta de formação pedagógica faz com que esse professor reproduza os modelos que teve contato durante seu processo de escolarização de forma passiva e pouco refletida.

Estudos no campo da pedagogia universitária revelam que a formação para docência de professores desse nível do ensino ainda é fundamentada, quase que exclusivamente, no conhecimento do conteúdo específico. Pimenta e Almeida (2009), ao tratarem sobre esse tema destacam que:

[...] encontramos uma caracterização de que ser professor nesse nível do ensino significa que se sabe muito da área de conhecimento ou do conteúdo a ser ensinado, mas que não necessariamente se saiba ensinar. Desse professor nunca foi exigido que aprendesse a ensinar, ou seja, não se assumiu, no plano das políticas educacionais, ser necessário ensinar-lhes as especificidades dessa dimensão de sua atuação no seio de sua instituição universitária. (p. 20)

Considerando essa perspectiva existe uma necessidade emergente de se problematizar a formação e os conhecimentos necessários para a docência na Educação Superior. Nesse cenário, recorrente na maioria das instituições de ensino superior no Brasil, encontramos um professor de Bioquímica que se revela como uma exceção em sua instituição de trabalho e vem se destacando durante anos como um docente competente e reconhecido por sua prática de ensino.

Esse pressuposto nos chamou a atenção e gerou algumas indagações que nos motivaram a investigar sua prática como um caso particular em seu contexto de atuação. Passamos, então, a nos questionar sobre: Que base de conhecimentos fundamenta a prática desse professor? Como ele articula e mobiliza esses conhecimentos quando ensina um tema de sua disciplina?

Ao discutir sobre os conhecimentos que um bom professor deve possuir, Shulman (1987) destacou o conceito conhecimento pedagógico do conteúdo, em inglês *pedagogical content knowledge* (PCK), um conhecimento característico do professor que lhe diferencia como um profissional do ensino, pois agrega conhecimentos do conteúdo e pedagógico na constituição de um conhecimento próprio e específico para o ensino de um tema.

Assim, tendo como base esse referencial e com o pressuposto de que as narrativas de professores são um fecundo solo para investigações sobre conhecimentos basilares para o ensino, buscamos neste trabalho explicitar alguns indícios do PCK, sobre o tema “cinética enzimática”, de um professor da Educação Superior, por meio de suas narrativas. Dessa forma, realizamos um estudo de caso único (Yin, 2010), que teve como sujeito de

investigação um professor que por anos vem se destacando em sua instituição de trabalho por utilizar uma abordagem diferenciada e por demonstrar significativo envolvimento com sua prática de ensino. A escolha do tema utilizado como mote dessa investigação foi feita considerando sua relevância no currículo da disciplina de Bioquímica e a grande quantidade de aulas utilizadas para abordá-lo, o que nos ofereceria maiores possibilidades para produção de dados e exploração do caso.

Fundamentação teórica

O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) versa sobre um conhecimento tácito do professor, que é caracterizado pela combinação entre os conhecimentos: pedagógico e do conteúdo específico de um tema (Shulman, 1987; Van Driel, Berry, Menrink, 2014, Fernandez, 2014). O PCK tem sido apontado por diversos autores como o conhecimento que direciona e fundamenta as decisões do professor diante do processo de ensino e aprendizagem considerando um público alvo e um contexto definido (Kind, 2009; Fernandez, 2011, 2014; Fernandez, Goes 2014).

No âmbito das investigações sobre conhecimentos de professores, Grossman (1990) propõe o "Modelo de Conhecimentos do Professor", no qual são esquematizadas quatro categorias de conhecimentos, considerados por ela como basilares para a atuação docente, a saber, os conhecimentos: do tema, pedagógico geral, pedagógico do conteúdo e do contexto. Dentre eles, o PCK ocupa uma posição central e aparece diretamente atrelado à "concepção dos propósitos para o ensino do tema", que direciona os componentes do PCK, nomeadamente os conhecimentos: da compreensão dos estudantes, curricular e das estratégias instrucionais.

Na "concepção dos propósitos para o ensino" se manifestam os valores pessoais e ideológicos atribuídos à prática docente e que, portanto, tem caráter avaliativo, comparativo e de juízo diante da seleção de conteúdos e das estratégias que um professor considera importantes para o ensino. O "conhecimento da compreensão dos estudantes" diz respeito às características, concepções alternativas e dificuldades de aprendizagem dos estudantes.

O "conhecimento curricular" contempla o conhecimento das relações que os conteúdos de um tema estabelecem tanto em uma perspectiva horizontal quanto vertical no currículo. E, por fim, o "conhecimento das estratégias instrucionais" compreende a forma como um professor representa o conteúdo, seu repertório de exemplos, demonstrações, experimentos, metáforas, analogias e atividades que tornam a compreensão de um tema mais acessível aos alunos.

A partir de Grossman (1990), diversos autores propuseram modelos que buscam caracterizar os componentes do PCK (Kind, 2009; Fernandez, Goes 2014). Entre eles destacamos o Modelo do PCK para o ensino de ciências de Magnusson, Krajcik e Borko (1999), nele os autores atribuem ao PCK um papel hierárquico no corpo de conhecimentos do professor e esse passa a ser considerado como o próprio conhecimento base para o ensino.

Este trabalho faz parte de uma pesquisa maior onde investigamos os conhecimentos base para o ensino e o PCK de um professor de ensino

superior. Assim, embora existam modelos propostos de PCK específicos para o Ensino de Ciências (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999), optamos pelo modelo de Grossman por abranger as demais categorias da base de conhecimentos para o ensino que estão alinhadas com a investigação.

Os estudos sobre PCK configuram uma importante fonte de dados e informações para refletir sobre a prática de ensino e subsidiar discussões sobre os conhecimentos necessários para a docência. No entanto, reconhecer e acessar o PCK de professores é uma tarefa complexa e que exige a identificação de conhecimentos, muitas vezes implícitos, que se manifestam durante o planejamento e a prática de ensino do professor.

Baxter e Lederman (1999) descrevem como fontes para elucidar indícios desse conhecimento: avaliações e testes elaborados pelo professor, observação da sala de aula, mapas conceituais, representações pictóricas, entrevistas e a avaliação por métodos múltiplos. Nesse mesmo caminho, Loughran, Berry e Mulhall (2006) desenvolveram e passaram a utilizar instrumentos específicos para estudos sobre PCK, como os CoRe (Representação do Conteúdo) e os Pap-eR (Repertórios de Experiências Profissionais e Pedagógicas). O primeiro refere-se a um questionário com oito perguntas que explora os conhecimentos e informações utilizadas pelos professores para ensinar um tema de sua disciplina e o segundo refere-se à narrativa de um pesquisador sobre o desenvolvimento de um conjunto de aulas que um professor utiliza para ensinar um tema.

Na maioria dessas metodologias o professor é convidado a narrar fatos, experiências e concepções de seu cotidiano ou de suas reflexões diante de questionamentos e situações que buscam mobilizar seus conhecimentos. Nesse sentido, as narrativas configuram um importante recurso para explicitar os conhecimentos de professores, ouvir suas vozes e entender suas percepções, experiências e o raciocínio que utilizam para planejarem e realizarem suas práticas. Galvão (2005) destaca as potencialidades das narrativas nos processos de reflexão pedagógica, na formação de professores e como método de investigações em educação. Para a autora, no âmbito da investigação por meio de narrativas:

[...] incluem-se várias perspectivas, desde a análise de biografias e de autobiografias, histórias de vida, narrativas pessoais, entrevistas narrativas, etnobiografias, etnografias e memórias populares, até acontecimentos singulares, integrados num determinado contexto. Narrativa tem, no entanto, sempre associado um caráter social explicativo de algo pessoal ou característico de uma época. (Galvão, 2005, pg. 329)

Em seu texto, "Narrativas em Educação", a autora destaca duas perspectivas para a análise de narrativas, a primeira se assenta na análise do conteúdo e busca na evolução dos acontecimentos momentos significativos que podem ser evidenciados e interpretados; o que é ressonante com os pressupostos da Análise Textual Discursiva (ATD) proposta por Galiazzi e Moraes (2006). A segunda encontra sua fundamentação em modelos sociolinguísticos e psicolinguísticos, que mobilizam vertentes da Análise do Discurso para interpretar os significados dos dados considerando suas inter-relações com um contexto social e cultural.

Contexto e metodologia

O professor investigado é biólogo (Bacharel e Licenciado), possui doutorado em Ciências Biológicas e pós-doutorado em Bioquímica. Atua como professor de Bioquímica na Educação Superior há mais de 40 anos e é reconhecido por seus pares e alunos como um professor competente. É autor de um livro de Bioquímica Geral no Brasil e realiza pesquisa na área de Ensino de Bioquímica.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário, pela análise documental do planejamento de ensino e pela realização de entrevistas. Inicialmente aplicamos o questionário CoRe já mencionado. No CoRe o professor deve definir as "ideias" principais que um aluno deve possuir sobre um determinado tema e, para cada uma dessas "ideias" responder um conjunto de oito questões que buscam estimular e elucidar o raciocínio pedagógico que o professor realiza no ensino para que os alunos construam essas "ideias". Essas questões serão apresentadas no decorrer da análise dos dados, exceto a questão 3 "O que mais você sabe sobre essa ideia?", que não foi respondida pelo professor.

Em seguida realizamos um conjunto de quatro entrevistas semiestruturadas que foram registradas em áudio e vídeo e integralmente transcritas. Por meio das entrevistas pretendíamos mobilizar as narrativas do professor a respeito de seu conhecimento e experiências sobre: (i) os propósitos e objetivos para o ensino de cinética enzimática, (ii) os estudantes e suas compreensões, (iii) as estratégias de ensino e (iv) o currículo; considerando a disciplina de Bioquímica ministrada para uma turma de alunos do primeiro ano de um curso de Farmácia-Bioquímica.

Os dados foram analisados com a perspectiva da ATD, na qual o investigador realiza interpretações por meio da interlocução entre os dados e pressupostos teóricos construindo um texto interpretativo organizado por categorias. Nessa análise, utilizamos como categorias a priori os componentes do PCK e as concepções dos propósitos para o ensino propostos por Grossman (1990).

Resultados

Concepção sobre os propósitos para o ensino do tema

Na proposta de PCK de Grossman a "concepção dos propósitos para o ensino de um tema" é o eixo articulador e direciona os componentes desse conhecimento. Com essa perspectiva, a autora abre margem para reconhecermos a influência dos valores pessoais e ideológicos do professor na maneira como concebe e realiza sua prática, o que torna o PCK um conhecimento particular e característico de cada professor. No caso de nosso sujeito de investigação, essa concepção é fundamentada por um conjunto de convicções relacionadas à importância dos conhecimentos sobre a Bioquímica na formação profissional e cidadã de seus alunos.

[...] para que a gente estuda Bioquímica na vida? Se não for para entender melhor o mundo, não serve pra nada, a não ser para fazer avaliação. Não é essa a intenção: você estudar Bioquímica para poder fazer avaliação de Bioquímica. Eu acho que isso tem que fazer a gente entender o mundo em que a gente vive. (Entrevista 3, Fala 66)

No trecho, o professor revela que a intenção de estudar “Bioquímica” supera a apropriação de conceitos e fatos dessa disciplina, mas é um meio para interpretar e entender o mundo, sinalizando sua intenção explícita de também promover o letramento científico em seus alunos (Roberts, 2007). Essa afirmação exemplifica uma convicção importante desse professor: os conteúdos conceituais não são o fim de seu ensino, mas um meio para que os estudantes desenvolvam competências e habilidades que lhes permitam raciocinar sobre alguns fenômenos do “[...] mundo que a gente vive.”. A opção por um ensino que valorize o desenvolvimento de competências e habilidades influencia diretamente a escolha das estratégias de ensino e a seleção de conteúdos desse professor, que afirma:

[...] dentro da estratégia que eu acho que é apropriada, que vai desenvolver as competências, as habilidades que a gente quer desenvolver, além da informação, o que cabe aí dentro e o que não cabe. Então isso é a decisão fundamental, porque se eu fizer o contrário, o contrário que eu quero dizer é o seguinte: eu tenho que usar material, tenho que dar isso, isso e isso e listar tudo que eu tenho que dar, então se esse for o critério principal, aí eu vou escolher a estratégia que me permita explorar todos esses conteúdos, e aí eu vou cair certamente na exposição. Então isso é a decisão, quer dizer, o compromisso é esse. Certamente, se eu conduzisse o curso todo por meio de aulas expositivas, a quantidade de assuntos que teriam sido explorados na aula seria muito, muito maior do que eu consigo explorar. Mas eu tenho certeza que o aprendizado é completamente diferente. Que é a minha escolha. (Entrevista 5, Fala 45)

Esta narrativa corrobora com nossa inferência de que a sua prioridade não é abordar uma grande “quantidade de assuntos”, mas criar espaços para que os alunos desenvolvam “[...] as competências, as habilidades que a gente quer desenvolver [...]”. No entanto, essa opção restringe a quantidade de temas que poderiam ser abordados no tempo disponível para o ensino e influencia a escolha de suas estratégias instrucionais, pois para atingir o seu propósito ele não poderá ministrar “[...] o curso todo por meio de aulas expositivas [...]”.

Neste trecho também emerge uma convicção desse professor: “Mas eu tenho certeza que o aprendizado é completamente diferente. Que é a minha escolha.” Ele acredita em sua abordagem e está convicto de que por meio dela a aprendizagem se faz de maneira mais eficiente do que por meio de aulas expositivas. E, o seu “[...] compromisso é esse.”: fazer com que os seus alunos de fato aprendam.

Inevitavelmente, uma das consequências dessa escolha é suprimir alguns conteúdos de seu programa curricular. Isso implica diretamente na necessidade de selecionar os conteúdos essenciais para que os seus alunos alcancem os objetivos de ensino definidos para esse tema. Nesse âmbito, quando questionado no CoRe sobre as principais ideias que considera fundamentais no estudo de cinética enzimática ele destaca três ideias centrais: (I) Especificidade da catálise, (II) Velocidade da catálise em função da concentração de substrato e (III) Regulação por: (a) alosteria e (b) modificação covalente, Tabela 1.

	Representação de Conteúdo "Cinética Enzimática"		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 1	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
O que você pretende que os estudantes aprendam sobre esta ideia?	1) Que cada reação no organismo ocorre porque existe uma enzima específica 2) Que há graus de especificidade 3) Que a especificidade é dependente da estrutura da proteína enzimática	1) Que as enzimas são compostos químicos 2) Que a reação enzimática está subordinada aos equilíbrios químicos e as suas etapas 3) Que as velocidades variam em função da concentração do substrato e que se pode medir a afinidade das enzimas pelos substratos	1) Que a catálise pode ser regulada 2) Que essas regulações são a forma principal de regular o metabolismo 3) Que é uma das formas de atuação dos hormônios

Tabela 1.- Resposta para a questão 1 do CoRe.

Em sua resposta à questão 1 do CoRe (Tabela 1) o professor define os objetivos de aprendizagem para cada uma dessas ideias e enfatiza uma compreensão da lógica associada aos fenômenos da catálise enzimática em detrimento de conteúdos conceituais específicos. Os conteúdos, entretanto, aparecem nas entrelinhas dessa narrativa como subsídios para que os estudantes compreendam esses fenômenos.

A partir desse pressuposto, os conceitos de enzima, compostos químicos, reação química, equilíbrio químico e velocidade de reações químicas parecem ser fundamentais para que os processos bioquímicos associados às ideias I, II e III sejam compreendidos. Essas ideias fundamentam a compreensão sobre o processo responsável pela manutenção da vida celular, conforme explicam Marzzoco e Torres, 2010:

A manutenção da vida celular depende da contínua ocorrência de um conjunto de reações químicas, que devem atender a duas exigências fundamentais: (1) devem ocorrer em velocidades adequadas à fisiologia celular – a insuficiência na produção ou na remoção de metabólitos pode levar a condições patológicas, e (2) precisam ser altamente específicas de modo a gerar produtos definidos. (p. 55)

E, para entender como ocorre a manutenção da vida celular:

[...] é preciso, então, entender o que é que essas enzimas estão fazendo, entender um pouco da cinética, para a gente entender por que elas são tão importantes assim, e qual é a consequência de inibir uma enzima [...]. (Entrevista 2, Fala 70)

Em suas respostas à questão 2 do CoRe, o professor justifica por que é importante que os alunos alcancem esses objetivos de aprendizagem:

	Representação de Conteúdo "Cinética Enzimática"		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 2	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
Por que é importante para os estudantes aprender esta ideia?	1) Para remover a ideia constante de uma ação "mágica" das enzimas 2) Para perceber que o metabolismo só é viável por que há reações entre milhares de [...]	1) Para entender que as reações metabólicas têm velocidades limitantes 2) Como decorrência de 1, que o metabolismo não pode ser aumentado linearmente com o aumento de nutrientes	1) Para entender por que engordamos ou emagrecemos 2) Para entender como hormônios do tipo insulina, glucagon e espinefrina regulam o metabolismo normal 3) Para entender as disfunções hormonais, diabetes, etc

Tabela 2.- Respostas para a questão 2 do CoRe.

Em sua primeira resposta a essa questão, ele destaca uma concepção alternativa dos alunos "[...] a ideia constante de uma ação 'mágica' das enzimas". O professor reconhece que os alunos trazem e utilizam concepções do senso comum para explicar alguns fenômenos e que um dos propósitos de seu ensino é "remover" essas concepções. Ao partirmos dessa perspectiva, podemos inferir que essa intenção influenciará a mobilização do componente "Conhecimento sobre a compreensão dos estudantes" de seu PCK, pois o professor precisará possibilitar situações nas quais essas concepções possam emergir durante as aulas ou destacá-las durante o processo de ensino para que sejam superadas.

Existe, portanto, o interesse de que os alunos superem concepções alternativas e construam suas explicações fundamentadas no conhecimento científico, pois para ele uma condição que caracteriza o profissional da área é saber distinguir as concepções do "senso comum" do conhecimento científico:

Além do que eles vão ser profissionais. Eles precisam ter essas informações para ouvir criticamente toda a publicidade e a propaganda, diferenciar o que é o conhecimento científico e o que é senso comum, ou do pseudoconhecimento que é vinculado na mídia na intenção de vender, é a intenção deles, eu não tenho nada contra, quer dizer a proposta deles é vender alguma coisa, eles não estão comprometidos com a veracidade do que estão dizendo ou com a cientificidade da afirmação. (Entrevista 3, Fala 66)

Os conhecimentos científicos aparecem como um meio para que os alunos possam atuar profissionalmente e como cidadãos na sociedade. Para ele, esse conhecimento lhes oferecerá os subsídios para "ouvir criticamente toda a publicidade e a propaganda" e estarem comprometidos com "a veracidade do que estão dizendo ou com a cientificidade da afirmação."

(Roberts, 2007). Essas capacidades do futuro profissional são destacadas como necessidades formativas que “Eles precisam ter [...]”.

Nessa afirmação encontramos também a evocação de uma dimensão ética em sua prática de ensino, pois para o professor com esses conhecimentos e capacidades os alunos poderão se posicionar diante de situações e fenômenos sociais, como por exemplo, propagandas e publicidades, de forma a zelar pela “veracidade científica”. O professor não julga a manipulação de informações que, muitas vezes, é utilizada como estratégia para legitimar a eficácia de produtos e serviços veiculados pela “mídia”, mas destaca que o profissional que está sendo formado por ele deve ter o compromisso com a “veracidade”, “cientificidade” do que diz.

Com essa perspectiva, ele revela sua intenção de transmitir ou estimular o desenvolvimento de valores éticos em seus alunos. Esses valores ecoam em suas narrativas por meio de seu compromisso com a aprendizagem de seus alunos, com uma formação cidadã, sua autorreflexão sobre “[...] para que a gente estuda Bioquímica na vida?” e seu interesse explícito de promover a interação e o diálogo entre os agentes da sala de aula. Esses e outros elementos de suas falas encontram consonância com a concepção de ética utilizada por Rios (2011) no contexto da Educação Superior:

[...] a ética é a reflexão crítica sobre a moral, é o olhar agudo que procura descobrir os fundamentos dos valores, tendo como referência a dignidade humana e como horizonte a construção do bem comum. É com base na ética que avaliamos mais amplamente todas as dimensões de nosso trabalho. [...] É aí que ganha sentido a afirmação de que a escola deve ser a construtora da cidadania. (p. 238)

Nas demais respostas à questão 2, o professor justifica que os objetivos de aprendizagem destacados para esse tema subsidiaram a compreensão do funcionamento do “metabolismo”, palavra que aparece nas três respostas, conforme grifo nosso. Na ideia I, ele destaca as inúmeras reações químicas que compõem as vias metabólicas e complementa na ideia II que essas reações possuem velocidades limitantes. Ele salienta a relação entre a velocidade limitante com o aumento do metabolismo em função dos nutrientes. Na resposta associada à ideia III, destaca a função de hormônios, como a insulina e o glucagon, na regulação do metabolismo normal. Dessa forma, fica evidente que os objetivos de aprendizagem definidos para o estudo da cinética enzimática visam instrumentar os alunos para o estudo do “[...] metabolismo, que é certamente o centro da disciplina de Bioquímica.” (Entrevista 5, Fala 35).

Conhecimento da compreensão dos estudantes

Esse componente do PCK possibilita ao docente considerar antecipadamente as concepções alternativas e dificuldades recorrentes de alunos no ensino de um tema. Cada tema possui suas peculiaridades, informações e conteúdos específicos e, por isso, nosso sujeito reconhece que no ensino de cada um deles emergem dificuldades e limitações recorrentes que podem configurar obstáculos para a aprendizagem. Seu pressuposto de que existe uma interligação entre os diferentes temas e que a aprendizagem depende de conhecimentos prévios para avançar fica evidente em suas respostas à questão 4 do CoRe, Tabela 3. Na resposta

associada à ideia I, o professor salienta que existe uma necessidade de se “conhecer bem a estrutura proteica”.

	Representação de Conteúdo “Cinética Enzimática”		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 4	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
Quais são as dificuldades e limitações ligadas ao ensino desta ideia?	1) A necessidade de conhecer bem a estrutura proteica 2) mostrar o gradiente de especificidade encontrado entre as enzimas e compará-los com os catalisadores inorgânicos	1) O conceito de equilíbrio químico. Esta é a maior dificuldade encontrada em todo o estudo com enzimas	1) De novo o equilíbrio químico 2) Flexibilizar o conceito de alostéricos positivos e negativos que atuam segundo suas concentrações e não como tudo ou nada

Tabela 3.- Respostas para a questão 4 do CoRe.

Ao retornarmos à Tabela 1, ideia II, ele pretende que os estudantes aprendam “Que as enzimas são compostos químicos”. Por meio dessa afirmação, reconhecemos que para ele a construção de conhecimentos sobre as estruturas proteicas é uma etapa limitante para o processo de aprendizagem dos conteúdos do tema cinética enzimática e que para “conhecer bem” essa estrutura pressupõe-se a necessidade de alguns conhecimentos da Química.

Essa necessidade também aparece nas respostas associadas às ideias I e II na questão 4, apresentadas na Tabela 3, nas quais a deficiência na compreensão do “conceito de equilíbrio químico” é a maior dificuldade no estudo desse tema. Particularmente, na ideia III ele destaca a importância do conhecimento sobre a natureza elétrica da matéria e concentrações de produtos e reagentes como necessários para a compreensão do “conceito de alostéricos positivos e negativos.”. Esses e outros conceitos da Química não são tratados especificamente na disciplina, mas são retomados durante o estudo de diversos temas. Por exemplo, no estudo do primeiro tema, “aminoácidos”, são mobilizados conhecimentos sobre a natureza elétrica da matéria, estrutura de compostos químicos, reações químicas e concentrações molares. Assim como, no início do estudo do tema “cinética enzimática”, o conceito de equilíbrio é retomado e utilizado na resolução de exercícios.

Esses conceitos são fundamentais para que os estudantes compreendam os fatores que influenciam na velocidade das reações envolvendo enzimas, uma das condições para a manutenção da vida celular. Os conceitos de equilíbrio químico e velocidade das reações no estudo da cinética enzimática constituem a base conceitual da equação de Michaelis-Menten, que descreve sistematicamente os fenômenos cinéticos que ocorrem em uma reação enzimática (Marzzoco e Torres, 2010). Essa equação faz parte do

conjunto de conteúdos conceituais associados ao estudo da cinética enzimática e é utilizada na resolução de diversos exercícios desse “módulo”.

Sobre as concepções alternativas, ao retomarmos a análise sobre a “concepção sobre os propósitos para o ensino” o professor destaca que, entre os objetivos para o ensino desse tema, pretende “remover a ideia constante de uma ação ‘mágica’ das enzimas.” (Tabela 2). Nessa afirmação, ele nos revela que reconhece que os alunos possuem um mecanismo próprio de conceber explicações para alguns fenômenos, muitas vezes fundamentadas por informações do senso comum ou por uma lógica baseada em suas observações e nos conhecimentos que já possuem. Ainda, ao utilizar a palavra “constante” para se referir a essa “ideia” ele sugere que vem reconhecendo a recorrência dessa concepção no discurso dos alunos ao longo dos anos que tem ministrado essa disciplina.

Ao retornarmos as respostas dadas à questão 1 do CoRe (Tabela 1), o professor destaca o que pretende que os seus alunos aprendam sobre as ideias centrais e, na questão 2 (Tabela 2) justifica porque é importante eles alcançarem esses objetivos de aprendizagem. Ao definir como um de seus propósitos a remoção de uma concepção alternativa, o professor sugere que considera antecipadamente essa concepção na definição dos objetivos de aprendizagem. Esse fato fica evidente, na resposta dada à questão 5 do CoRe, Tabela 4.

	Representação de Conteúdo “Cinética Enzimática”		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 5	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
Que conhecimento sobre o pensamento dos estudantes tem influência no seu ensino sobre esta ideia?	1) Os estudantes trazem uma concepção mágica do papel das enzimas, em lugar de concebê-las como meros compostos químicos cujas ações estão subordinadas às leis da Química	1) De novo, o equilíbrio químico. Os estudantes imaginam que só podem existir enzimas livres se sua concentração for maior do que a do substrato. Isto é, apesar da representação (\rightleftharpoons , setas de equilíbrio) concebem a reação como irreversível	1) Sobre alosteria não apareceram conceitos prévios, a não ser aqueles relacionados com equilíbrio químico 2) Sobre hormônios revelam ideias do senso comum, de uma atuação sistêmica, inespecífica e não associadas a órgãos e tecidos

Tabela 4.- Respostas para a questão 5 do CoRe.

Ao tratar sobre a ideia I, o professor destaca uma concepção alternativa sobre o papel das enzimas na catálise enzimática e afirma que as enzimas nem sempre são reconhecidas pelos estudantes como compostos químicos. Essa concepção pode estar associada aos esquemas ou figuras de enzimas e reações enzimáticas, que, em geral, são representadas em livros por figuras sólidas e uniformes com uma possibilidade de encaixe (esquema chave e

fechadura) ou transmitida por meio da escolarização básica, pois conforme afirmam Sangiogo e Zanon (2012), o ensino da “catálise enzimática” na escola:

Sem uma devida discussão teórico-conceitual, imagens e representações podem assumir apenas um caráter ilustrativo e de facilitação aparente ao estudante. Dessa forma, o uso de imagens representativas dos modelos teóricos produzidos pelas ciências acarreta dificuldades nas elaborações conceituais, incorrendo em obstáculos epistemológicos ao aprendizado escolar. (p. 27)

O conceito de equilíbrio químico também é sujeito a concepções alternativas, conforme destaca o professor, pois mesmo existindo uma seta que indica uma situação de equilíbrio, alguns alunos “concebem a reação como irreversível.” Essa concepção contraria a natureza dinâmica do equilíbrio químico e inviabiliza a possibilidade de coexistência de reagentes e produtos em um sistema em equilíbrio. Isso, por sua vez, gera uma nova concepção alternativa: “Os estudantes imaginam que só podem existir enzimas livres se sua concentração for maior do que a do substrato.”

Nessa constatação do professor se esconde outra concepção alternativa: as reações enzimáticas ocorrem com rendimento total, ou seja, todas as enzimas interagem com o substrato formando um novo produto. Com essa ideia, os alunos desconsideram os aspectos termodinâmicos das reações químicas. A resposta para a questão 6 (Tabela 5) complementa a resposta dada para a questão 5 do CoRe (Tabela 4).

	Representação de Conteúdo “Cinética Enzimática”		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 6	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
Que outros fatores influem no ensino dessa ideia?	1) A concepção de que uma reação irreversível pode tornar-se reversível por ação de outra enzima. Isto é, há uma confusão entre a termodinâmica da reação e sua cinética. Essa resposta também vale para a questão 5	1) A dificuldade de interpretar um gráfico. Neste caso, a curva de Michaelis-Menten. Os estudantes em grande maioria introduzem na interpretação a variável tempo, que não existe. Essa resposta também vale para a questão 5	1) Não detecto outros fatores relevantes

Tabela 5.- Respostas para a questão 6 do CoRe.

E, ao contrário da concepção de que as reações enzimáticas são irreversíveis, existe a concepção de que uma reação termodinamicamente inviável pode acontecer “por ação de outra enzima”. Conforme explica: “[...] há uma confusão entre a termodinâmica da reação e sua cinética.”, ou seja:

[...] eles, por exemplo, têm dificuldade em separar o que é termodinâmica do que é a cinética. Imagine que se tem uma reação de $A + B$ dando $C + D$ e essa reação não ocorre sem enzima, com a enzima ela vai ocorrer, né, e atribuindo à enzima uma propriedade, um atributo mágico né, mais do que aumentar a velocidade do processo. (Entrevista 5, Fala 43)

Ainda na questão 6, do CoRe, o professor destaca que “a dificuldade de interpretar um gráfico” influencia o seu ensino, pois essa dificuldade pode gerar uma concepção alternativa sobre a velocidade da catálise que depende da concentração do substrato e não do tempo, como alguns alunos concebem. A curva de Michaelis-Menden é traçada relacionando a velocidade em função da concentração de substrato. Assim, essa dificuldade pode estar associada ao fato de que, em geral, os gráficos de velocidade, apresentados em outros contextos de ensino, como nas disciplinas de Física, por exemplo, são traçados em função do tempo.

No entanto, para reconhecê-las é necessário criar mecanismos que as evidencie durante o processo de ensino. Para esse professor, a maneira de fazer emergir essas concepções e dificuldades é oferecer oportunidades para que os alunos possam “falar” e dizer o que pensam. A avaliação da compreensão dos estudantes sobre as ideias centrais é realizada durante as discussões em grupo (Tabela 6). À medida que os estudantes expõem suas ideias nessas discussões podem surgir dificuldades que devem ser corrigidas com o apoio do professor e do próprio grupo. Com essa abordagem o professor estimula a socialização das dificuldades, o que pode colaborar com a aprendizagem de todos os alunos.

	Representação de Conteúdo “Cinética Enzimática”		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 8	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: 1) alosteria, 2) modificação covalente
Que maneiras específicas você utiliza para avaliar a compreensão ou a confusão dos alunos sobre esta ideia?	De novo, tenho que responder de maneira geral. O diagnóstico é feito ouvindo os estudantes. Isso se passa durante o estudo e nas discussões. Quanto mais oportunidades eles têm de falar, maior a possibilidade de detecção de conceitos alternativos e maiores as possibilidades de correção		

Tabela 6.- Respostas para a questão 8 do CoRe.

Conhecimento curricular

Esse componente do PCK refere-se ao repertório de recursos curriculares disponíveis para estruturar situações de ensino e ao currículo horizontal e vertical do conteúdo. Grossman (1990) apresenta o seguinte exemplo para explicar o que ela concebe como currículo horizontal e vertical:

Por exemplo, professores de inglês precisam recorrer ao seu conhecimento de que livros e temas que são normalmente abordados na nona série e sobre as várias vertentes de currículo dessa série. Os professores de inglês também precisam ter conhecimento do que os

alunos estudaram no passado e o que estudarão no futuro. (Grossman, 1990, p. 8, tradução nossa)

O currículo vertical refere-se aos conteúdos, suas relações e organização dentro de uma disciplina e o currículo vertical, aos conteúdos associados às disciplinas que a antecedem e a sucedem na grade curricular de um curso. Esse conhecimento pode subsidiar o professor na definição dos objetivos de aprendizagem e na seleção dos conteúdos a serem propostos em uma disciplina visando proporcionar aos alunos as condições para construir novos conhecimentos e instrumentá-los para prosseguir seus estudos na disciplina e no curso.

Ao retomarmos a questão 1 do CoRe reconhecemos indícios de como o professor estrutura o currículo horizontal do tema "cinética enzimática". Na resposta associada à ideia I, ele pretende que os alunos saibam o que é uma enzima, sua estrutura química, e especificidades. Na resposta associada à ideia II, são apontados objetivos que avançam para o conhecimento sobre as funções das enzimas, sua atuação e comportamento cinético em reações químicas. Por fim, na resposta associada à ideia III, os objetivos avançam para a compreensão de como as reações químicas que envolvem enzimas podem ser reguladas e suas implicações no metabolismo.

À medida que as respostas avançam da ideia I para a Ideia III, são solicitados gradativamente novos conceitos e compreensões associados à atuação das enzimas. Esse avanço gradual na complexidade dos objetivos de aprendizagem sugere uma abordagem curricular em espiral para o ensino desse tema. No âmbito do currículo horizontal o professor afirma que:

[...] cada um desses módulos tem propriedades próprias e eles não servem só para preparar para o seguinte. Então quando a gente está falando de proteínas, tem uma série de aspectos desse conteúdo que vale por ele mesmo. Não só para preparar a plataforma para eles estudarem enzimas, mas existem informações e conhecimentos sobre proteínas que acabam ali mesmo, eles precisam ter. (Entrevista 5, Fala 35)

No trecho ele trata a abordagem de um tema como "módulo" e reconhece que cada tema possui "informações e conhecimentos" particulares, que superam a intenção de preparar o aluno para o estudo do tema seguinte. Para ele, embora o ensino de um tema esteja articulado com o todo, ou seja, com o currículo da disciplina, possui uma organização curricular própria. Os diversos temas são organizados e abordados de forma a preparar o aluno gradativamente para avançar na disciplina. Ele define essa organização como "instrumental atenuada", conforme afirma a seguir:

Dentro da disciplina é instrumental. Instrumental atenuada, digamos assim. Instrumental no sentido de que se a gente estuda aminoácido, a gente está de certa maneira instrumentando o estudo de proteínas, quando a gente estuda proteínas a gente está instrumentando para o estudo de cinética de enzima, e estudando as enzimas a gente está instrumentando para estudo de metabolismo,

que é certamente o centro da disciplina de Bioquímica. (Entrevista 5, Fala 35)

Os temas abordados na disciplina são agrupados em dois eixos: (i) a estrutura e propriedade das biomoléculas e (ii) o metabolismo. Sendo o estudo do metabolismo o cerne de sua disciplina.

É uma sequência, sempre nessa sequência, né? Então, os aminoácidos, depois proteínas, depois enzimas. Depois dessa parte aí a gente entra num longo período de metabolismo. E o metabolismo é visto então em cada uma das vias metabólicas. (Entrevista 5, Fala 75)

O professor acredita na lógica e na eficácia dessa organização curricular e realiza seu ensino “[...] sempre nessa sequência” de temas. Entretanto, reconhecemos o que o professor denomina “organização instrumental atenuada”, predominantemente, na abordagem do primeiro grupo de temas. Isso porque esse grupo constitui a base conceitual para o estudo do “metabolismo”, das vias metabólicas e da integração dessas vias.

[...] integração do metabolismo vai sendo feita gradativamente, ou seja, a gente estuda glicólise, estuda regulação da glicólise, muito bem, quando a gente estuda o ciclo de Krebs e a regulação do ciclo de Krebs, imediatamente a gente estuda a integração da regulação da glicólise com o Krebs. Então isso vai sendo adicionado, quando chegar o terceiro ciclo, estuda a integração dos três, quando chegar o quarto a integração dos quatro, de maneira que no final do curso não tem o que integrar. Já está integrado. Já foi sendo integrado o tempo todo. (Entrevista 5, Fala 77)

Por meio desse trecho reconhecemos o predomínio de uma abordagem curricular em espiral. As vias metabólicas não são estudadas separadamente e, ao final, integradas de forma a viabilizar o funcionamento do metabolismo, mas à medida que uma via é estudada faz-se uma associação com suas funções no metabolismo. Assim, a compreensão do funcionamento e da regulação do metabolismo é construída gradativamente no decorrer das aulas por meio da inclusão crescente de novas informações e conteúdos. Essa abordagem curricular é intencional e o professor acredita que é mais adequada em detrimento “de uma estratégia geral que é adotada” no ensino do metabolismo:

[...] as vias metabólicas são dadas em separado. Então tem lá a glicólise, a gliconeogênese, o ciclo de Krebs e assim por diante. No entanto, do ponto de vista do metabolismo, também há uma estratégia diferente da estratégia geral que é adotada, que é primeiro o clássico, estudar glicólise e da regulação da glicólise. Depois estudar a oxidação, ciclo de Lynen e da regulação do ciclo de Lynen, depois o Krebs e assim por diante. E no final desse processo se fazem aulas ou exercícios de integração desse metabolismo. Eu acho isso uma coisa de louco. Ninguém integra, é impossível. Se isso é dado de maneira totalmente compartimentalizada, é impossível integrar no final, isso já ficou em gavetas separadas. (Entrevista 5, Fala 77)

No trecho, o professor revela que conhece outra estrutura curricular e destaca suas limitações no processo de aprendizagem. Essa compreensão fortalece nossa constatação de que a escolha por uma abordagem curricular

em espiral é intencional e sugere que ela está fundamentada em sua concepção pessoal de como ocorre a aprendizagem. Para ele, a abordagem “compartmentalizada” dessas vias torna o estudo da integração do metabolismo difícil, ou em suas palavras “impossível”, pois os conhecimentos serão construídos “em gavetas separadas”. O professor pressupõe que a construção de novos conhecimentos deve estar associada a uma estrutura conceitual pré-existente e que a aprendizagem ocorre de forma gradativa por meio do aumento progressivo de conhecimentos.

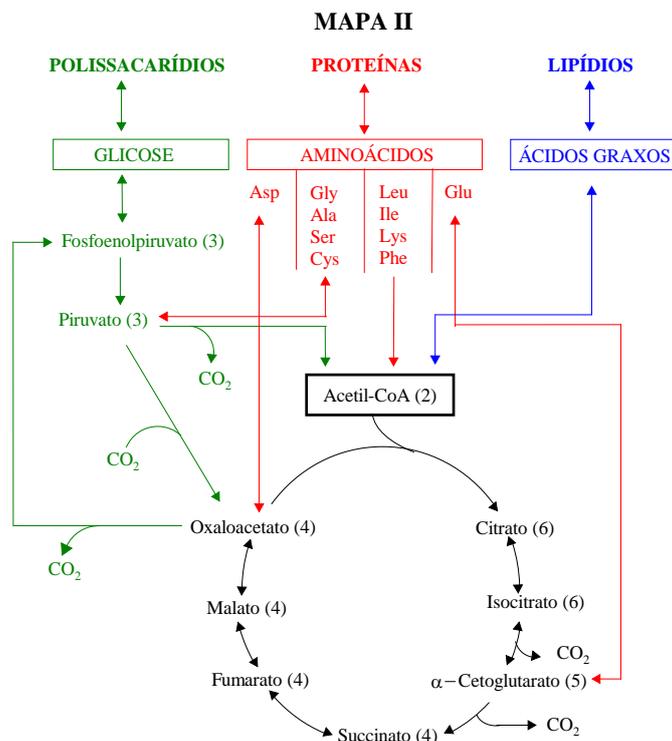


Figura 1.- Organizador avançado de conteúdos, extraído do planejamento de ensino, p.16.

Para realizar o ensino da integração dessas vias no metabolismo, o professor utiliza como recurso um “organizador avançado” de conteúdos. Na Figura 1, apresentamos o organizador avançado elaborado e utilizado pelo professor no ensino do metabolismo. A seguir o professor explica do que se trata esse recurso:

O primeiro recurso é a utilização do que se chama de um organizador avançado. *Advanced organizer*, chama. O organizador avançado é qualquer instrumento que é oferecido antecipadamente a um módulo ou a um conteúdo, que de certa maneira dá as ideias gerais sobre o que vai ser visto e de certa maneira antecipa o que vai ser visto. Então isso é uma plataforma da qual os alunos podem partir. Então eles não estão partindo em direção ao desconhecido, eles sabem o que vem adiante, porque eles têm esse organizador. (Entrevista 5, Fala 77)

Esse organizador é disponibilizado na apostila dos alunos e é revisitado constantemente durante o estudo das vias metabólicas. Por meio dele, os

alunos podem ter uma visão geral da lógica que fundamenta o funcionamento do metabolismo e como os diversos temas abordados no decorrer da disciplina estão associados a essa lógica. Trata-se de uma estrutura conceitual básica ou “ponto de partida”, para a agregação progressiva dos novos conhecimentos que serão construídos durante as aulas. Como pode ser observado na Figura 1, o “organizador avançado” é bastante simplificado, mas esse fato é intencional e característico desse tipo de recurso:

Isso é a primeira coisa que os alunos veem, esse mapa metabólico, extremamente simplificado, que é uma característica do organizador avançado, ele tem que ser simplificado, ele dá ideias gerais, ele não dá detalhes desnecessários, e aqui, o que tá mostrando é um metabolismo de carboidrato, de proteína e de lipídio, e como é que eles estão integrados. Então por uma série de perguntas e questões que são respondidas exclusivamente pela análise desse mapa, sem consulta a livro nem nada, só dissecando e estudando as vias que o mapa representa, eles já veem a integração, porque isso aqui tá tudo integrado. Aqui são omitidos todos os detalhes que eles vão ver depois. Então, essa via que está mostrada aqui, de maneira muito simplificada, vai ser detalhada depois, mas o princípio geral eles já sabem. (Entrevista 5, Fala 77)

Dessa forma, à medida que novos conhecimentos são aprendidos a complexidade da compreensão sobre esse mapa aumenta. Assim, a lógica que sustenta o funcionamento do metabolismo vai sendo construída ao longo do curso e não no final, como propõe a estrutura de algumas disciplinas.

[...] a gente não tem como muitas organizações de disciplinas uma parte estrutural primeiro e uma parte de metabolismo depois. Isso é comum acontecer em muitas organizações de currículo. Então tem lá, digamos Bioquímica I, você vê estrutura de carboidratos, estrutura de lipídios, estrutura de não sei o que e não se menciona metabolismo. É só estrutura. E eu não gosto disso. Eu acho que também não é nem um pouco motivador, ninguém fica interessado no que é um anômero, no que é um epímero quando se trabalha com carboidrato. [...] Então, esse é o primeiro recurso, de maneira que o tempo todo, na verdade, a integração é feita antes de começar, porque a primeira abordagem que a gente tem do metabolismo já está integrando o metabolismo, eu te mostro depois, já está integrando o metabolismo de carboidrato, com o de lipídio, com o de proteína com o de todo mundo. Eles já não começam separados, compartimentalizados, eles começam juntos. (Entrevista 5, Fala 77)

O professor demonstra possuir conhecimento de outras organizações curriculares e reforça sua concepção de que o estudo da integração do metabolismo deve ser feito no decorrer da disciplina. No trecho, ele também destaca que a realização do estudo dos diferentes temas de forma “compartimentada”, ou seja, sem ser relacionado com o estudo do metabolismo, é desmotivador.

A proposição e a experiência de utilização desse recurso foram apresentadas pelo professor num artigo publicado na *Biochemical*

Education, uma revista da área de Ensino de Bioquímica. Aqui evidenciamos um momento de articulação entre o ensino e a pesquisa sobre a própria prática no processo de constituição do PCK desse professor. Ao tratar sobre docência universitária Severino (2009), destaca esse aspecto como fundamental para que o professor possa conduzir um ensino eficaz e salienta que:

[...] não se trata de transformar o professor no pesquisador especializado, como se fosse membro de um instituto de pesquisa, mas de praticar a docência mediante uma postura investigativa. Tudo aquilo de que ele vai se utilizar para a condução do processo pedagógico deve derivar de uma contínua atividade de busca. (p. 130)

Conhecimento das estratégias instrucionais

Ao tratar sobre as estratégias instrucionais o professor destaca atividades que possibilitem a interação entre os agentes da sala de aula como o cerne desse componente (Tabela 7). Em sua resposta à questão 7 ele aponta duas estratégias fundamentais: um estudo dirigido, no qual os alunos recebem questões para o estudo e, as discussões com todos os agentes da sala de aula, nas quais se cria um espaço para a participação oral dos alunos.

	Representação de Conteúdo "Cinética Enzimática"		
	IDEIAS CENTRAIS		
	IDEIA I	IDEIA II	IDEIA III
QUESTÃO 7	Especificidade da catálise	Velocidade da catálise em função da concentração de substrato	Regulação por: (1) alosteria, (2) modificação covalente
Que procedimentos/estratégias você emprega para que os alunos se comprometam com essa ideia?	Tenho que responder de maneira global. O procedimento é sempre tentar fazer emergir os conceitos que trazem ou que estão formando. Isto é feito acompanhando com questões de estudo, propondo questões para que discutam e estimulando sua participação oral. Para que manifestem seus fundamentos. A estratégia principal é sempre oferecer problemas para serem resolvidos em grupos pequenos ou médios		

Tabela 7.- Respostas para a questão 7 do CoRe.

Em síntese, são estratégias centradas no ensino por meio da resolução de problemas em grupos. Essas estratégias são denominadas, respectivamente como "Período de Estudos" (PE) e "Grupo de Discussão" (GD), conforme o professor descreve em seu planejamento de ensino:

PE = Período de Estudo. Nestes períodos, os alunos devem reunir-se em grupos de cinco e discutir os objetivos propostos no roteiro, utilizando livros ou outros materiais como ponto de partida. Os docentes e estagiários (monitores) estarão presentes para tirar dúvidas e auxiliar na discussão, mas é o grupo que deve chegar a um consenso sobre cada ponto discutido. As provinhas serão feitas nesses mesmos grupos pequenos, sendo entregue apenas um conjunto de respostas por grupo. GD = Grupo de Discussão. As questões propostas serão discutidas em um grupo composto de todos os alunos de uma turma, até que todos se sintam satisfeitos com as respostas

encontradas e suas justificativas. Os docentes guiarão a discussão e é importante que os alunos venham preparados, já tendo lido o conteúdo e discutido os pontos do PE, e que participem ativamente, para que a atividade seja produtiva e que possa ser concluída satisfatoriamente no período de tempo alocado. (Planejamento de Ensino).

As duas estratégias são baseadas na interação entre os agentes da sala de aula e são complementares. Em um primeiro momento os alunos realizam o PE em pequenos grupos de cinco alunos. Nos PEs são propostas questões que devem ser discutidas e negociadas no grupo de forma a alcançar o consenso de todos; nesse processo eles podem contar com o auxílio de livros, dos monitores e do professor.

Em um segundo momento é realizado o GD, no qual todos participam e devem chegar coletivamente a respostas satisfatórias para todos os agentes da sala de aula. No entanto, para realizar essa atividade é “[...] importante que os alunos venham preparados, já tendo lido o conteúdo e discutido os pontos do PE”. Por meio dessa afirmação, o professor deixa evidente a complementaridade entre as duas estratégias e destaca que a realização do PE irá preparar os alunos para que “participem ativamente” do GD.

Na descrição dessas estratégias, o professor atribui ao grupo a corresponsabilidade pela aprendizagem de todos, pois as discussões sobre as questões não terminarão “[...] até que todos se sintam satisfeitos com as respostas encontradas e suas justificativas.” e nesse processo: “os docentes guiarão a discussão”. No trecho também reconhecemos o papel atribuído ao aluno, o de participar “ativamente”, e atribuído ao professor, que é mediar as discussões e possibilitar que por meio delas os alunos compreendam e cheguem a uma resposta coerente com os pressupostos científicos. Para Cunha (2009), a capacidade de mediar o processo de aprendizagem é um importante mecanismo para a “[...] ruptura com a forma tradicional de ensinar e aprender” (p. 224) no ensino superior. Assim como o protagonismo atribuído ao aluno:

É condição de inovação com a relação sujeito-objeto historicamente proposta pela modernidade. Reconhece que tanto os alunos como os professores são sujeitos da prática pedagógica e, mesmo em posições diferentes, atuam como sujeitos ativos das suas aprendizagens. (Cunha, 2009, p. 226)

Embora as duas estratégias sejam organizadas em torno de questões e problemas que compõem o roteiro de estudos entregue aos alunos no início da disciplina, os objetivos e o nível de complexidade dessas questões, em cada estratégia, são diferentes:

Esses problemas que compõem o roteiro de estudos são pequenos e pontuais. Outros problemas que são oferecidos no grupo de discussão são muito mais abrangentes, muito mais amplos, e voltando à taxonomia de Bloom, de outra categoria. Nos períodos de estudo, fundamentalmente a gente tem itens que estão nas primeiras duas categorias que são de conhecimento e compreensão. No grupo de discussão aí sim, a gente pode avançar em outros níveis da taxonomia e fazer perguntas de aplicação, da análise, de síntese, de tudo mais.

Porque aí eles têm os elementos para usar, e agora eles vão exercitar a aplicação, a utilização desses conhecimentos num outro nível de atividade intelectual, de complexidade. (Entrevista 4, Fala 24)

De acordo com ele a variação da complexidade das questões é definida considerando a "taxonomia de Bloom" (Bloom, 1956). Aqui, o professor trata da Taxonomia dos Objetivos Educacionais, conhecida popularmente como "taxonomia de Bloom", uma organização hierárquica de objetivos educacionais que solicita uma crescente demanda cognitiva à medida que se avança dos objetivos iniciais aos finais. A saber, esses objetivos em ordem crescente de complexidade são: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e avaliação.

Com essa perspectiva, o professor afirma que as questões do PE estão associadas ao conhecimento e sua compreensão e as questões do GD, à aplicação, análise, síntese e avaliação desses conhecimentos. Embora a Taxonomia de Bloom trate explicitamente de objetivos educacionais, podemos inferir que o professor aproxima ou denomina tais operações associadas ao conhecimento como as "competências e habilidades", que citou inicialmente.

A abordagem de ensino baseada nos objetivos educacionais propostos nessa Taxonomia é coerente com a concepção de aprendizagem desse professor, que pressupõe a agregação e evolução sucessiva de novos conhecimentos a uma estrutura conceitual já existente. Para ele é necessário que os alunos possuam um ponto de partida, ou seja, eles precisam de conhecimentos prévios para avançar no processo de aprendizagem. E a lógica de suas estratégias está fundamenta nesse pressuposto. Uma característica marcante desse professor é sua convicção de que sua abordagem produz efeitos significativos na aprendizagem dos estudantes, essas estratégias são fundamentadas em justificativas pertinentes para ele:

Então, discutir nos pequenos grupos, nos grupos de cinco, tem duas finalidades: primeiro que quando estão discutindo, uns esclarecem os outros. E se alguém não sabe, ou se alguém não entendeu, ou o outro sabe, explica. Então socializa aquele conhecimento ali. Mas a maior vantagem nem é essa. A maior vantagem é que as dúvidas são multiplicadas. Ou seja, eventualmente o indivíduo nem tinha ocorrido pra ele uma dúvida que o colega tem. Ele também não sabe responder. Então a dúvida de um vira dúvida de cinco. Então você potencializa a quantidade de dúvidas que aparecem. (Entrevista 4, Fala 14)

Assim, por meio das discussões em grupo o conhecimento pode ser construído coletivamente pela somatória de dúvidas e possibilidades de explicações. Nessas discussões também se instaura um mecanismo para que o professor possa ter o "conhecimento sobre a compreensão dos estudantes", pois conforme ele explicou anteriormente à medida que os alunos exteriorizam suas compreensões será possível diagnosticar as dificuldades e reconhecer as concepções alternativas associadas ao ensino do tema. Embora, essas sejam as estratégias centrais de seu ensino, outras estratégias se diluem na dinâmica dos PEs e GDs, como a ocorrência de "nano-aulas expositivas":

Muitas vezes aquelas nano-aulas expositivas são dadas durante o período desse grupo de discussão. Eu digo nano-aulas porque elas são pequenininhas, são minutos, né. Então num determinado momento surge o que é sangue e o que é plasma? Digamos que eles tenham essa dúvida. (Entrevista 4, Fala 50)

Nessas “nano-aulas”, por exemplo, o professor busca oferecer ajudas adequadas e indispensáveis para a continuação dos estudos, assim lhe perguntam “[...] o que é plasma?”, ele traz a informação objetivamente e os alunos podem prosseguir. Outras estratégias e recursos também são utilizados no interior dos PEs e GDs. Por exemplo, o roteiro de estudo para realização do PE sobre o tema “cinética enzimática” inicia pelo estudo de um caso. E, antes de iniciar o estudo dirigido desse “módulo” o professor propõe uma atividade com o “Software Cinética Enzimática.” (Planejamento de ensino), que possibilita a visualização da dinâmica de uma reação enzimática em função da concentração de substrato.

No trecho do planejamento em que o professor define as suas estratégias de ensino, mostrado acima, ele se refere a outra estratégia: “As provinhas serão feitas nesses mesmos grupos pequenos”. Essas “provinhas” ocorrem no final do estudo de cada tema e referem-se a cinco problemas que são resolvidos pelos pequenos grupos. E, embora seja denominada “provinha”, não se trata de uma avaliação, mas de uma estratégia para a aprendizagem: “O nome, provinha, é à toa, porque não tá avaliando nada. Isso é uma estratégia de aprendizagem, não é uma avaliação do que eles já sabem. É uma forma de eles aprenderem.” (Entrevista 4, Fala 72).

Discussão

Ao investigarmos o PCK desse professor reconhecemos a influência de aspectos das demais categorias de conhecimentos propostas no modelo de Grossman (1990). Entretanto, destacamos uma maior influência das categorias de conhecimentos “pedagógico geral” e “do tema”. Essas categorias são mobilizadas durante o planejamento e atuação desse professor em seu contexto de trabalho constituindo e desenvolvendo o seu PCK para o ensino da cinética enzimática (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999).

O PCK desse professor teve sua origem fortemente influenciada por seu início na docência e desenvolveu-se por meio da articulação entre atuação na sala de aula e atividades paralelas à docência, que viabilizaram a reflexão sobre sua própria prática docente. Seu ingresso na docência ocorreu em circunstâncias peculiares, pois sua atuação como professor foi iniciada em uma disciplina de bioquímica oferecida em um curso de medicina com características inovadoras para a época. Esse curso visava a ruptura com a abordagem de aulas expositivas, o trabalho colaborativo entre os alunos e o ensino baseado na resolução de problemas.

Nesse contexto, nosso sujeito contou com o apoio institucional para pesquisar e utilizar estratégias de ensino baseadas na interação entre os alunos e teve uma formação especializada para realizar a gestão de grupos. Após o fim desse curso, nosso sujeito continuou utilizando tais estratégias em suas aulas de bioquímica ministradas, principalmente, no curso de

Farmácia-Bioquímica. E, algum tempo depois, transitou da área de pesquisa em Bioquímica aplicada para o Ensino de Bioquímica, fato que intensificou suas reflexões sobre sua prática docente.

Nesse percurso formativo, ele pôde ressignificar os conteúdos científicos e as suas estratégias instrucionais considerando as necessidades e características de seu público alvo o que, provavelmente, favoreceu o desenvolvimento de um raciocínio pedagógico para o ensino da cinética enzimática (Shulmann, 1987). A reflexão sobre a própria prática é, portanto, um elemento fundamental na constituição e ampliação de seu PCK. Nesse âmbito, corroboramos com Montenegro e Fernandez (2015) que, em recente artigo, discutem a forte influência dos processos reflexivos no desenvolvimento do PCK de professores.

Nosso sujeito demonstra um profundo interesse pela aprendizagem efetiva de seus alunos e acredita que por meio de sua prática pode veicular valores e auxiliar os alunos em suas vidas para além da sala de aula. Sua capacidade de gestão dos conteúdos e das interações interpessoais na sala de aula, assim como sua sensibilidade para reconhecer e utilizar as necessidades e interesses dos alunos, o auxiliaram na condução de aulas mais significativas e mediadas. Essas características também são reconhecidas por Quadros e Mortimer (2014) em um estudo de caso sobre um professor de Química do Ensino Superior considerado pelos autores como bem-sucedido em sua prática docente. Nessa pesquisa os autores destacam que o comprometimento pessoal do professor e seu interesse pela efetiva aprendizagem dos alunos lhe conduziu à utilização de estratégias de ensino mais interativas e à ruptura com uma estrutura curricular tradicional.

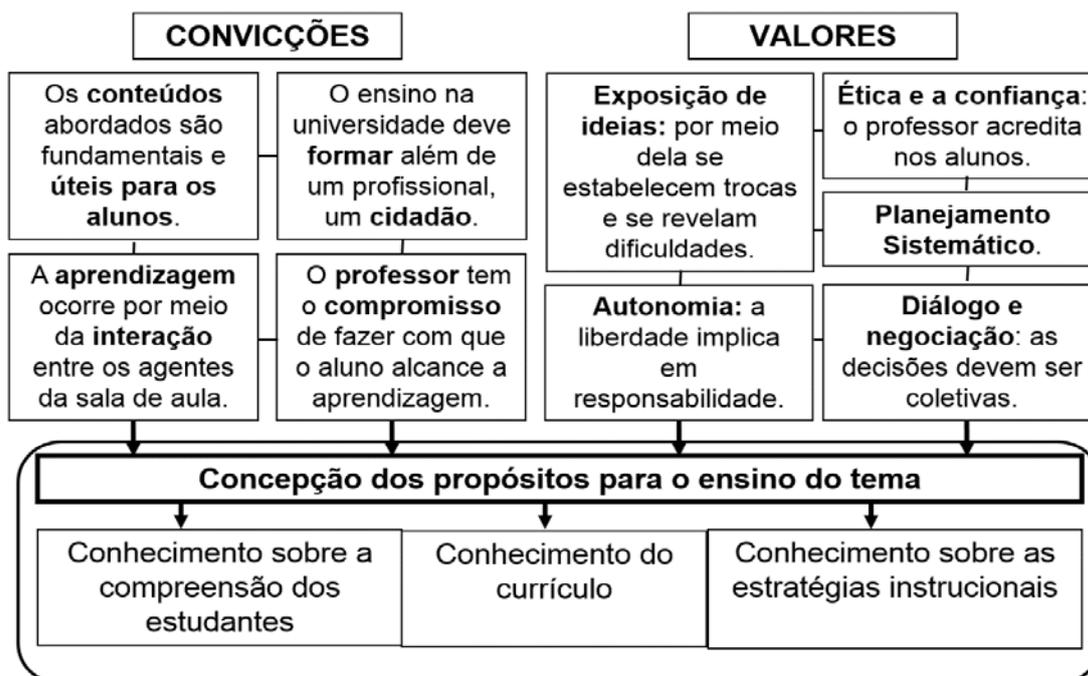


Figura 2.- Convicções e valores reconhecidos por meio da análise dos dados que podem influenciar as concepções dos propósitos para o ensino do tema.

Ao considerarmos que nosso sujeito se trata de um professor com excelente formação acadêmica e sólidos conhecimentos do conteúdo específico, destacamos a categoria “conhecimento pedagógico geral” como a mais influente na constituição de seu PCK, pois por meio dela emerge um conjunto de convicções e de valores que influenciam diretamente a “concepção dos propósitos para o ensino do tema”, filtro pelo qual o professor direciona as escolhas que constituem os componentes de seu PCK, Figura 2.

Nesse âmbito, nossos resultados corroboram com Cunha (2009) e Pimenta e Almeida (2009) que destacam a formação pedagógica de professores universitários como um imperativo para a melhoria e a inovação nas aulas do Ensino Superior. No mesmo sentido, Silva (2011), ao investigar as aulas de nove professores universitários, reconhece o comprometimento pessoal e a busca por conhecimentos pedagógicos como característica de professores inovadores na universidade.

Conclusões

O PCK desse professor foi constituído de maneira articulada com as experiências vivenciadas na sala de aula e por meio de reflexões estimuladas por atividades paralelas à docência, como a elaboração e a constante revisão de um livro Bioquímica, o desenvolvimento de seu próprio material didático e a realização de pesquisa em Ensino.

Nas narrativas e abordagem do professor podem-se reconhecer indícios dos componentes do PCK proposto no Modelo de Grossman. Estes, por sua vez, se complementam de forma coerente na constituição de um conhecimento que fundamenta a lógica instaurada no ensino do tema cinética enzimática. As “estratégias instrucionais” adotadas viabilizam a incorporação de um “currículo” horizontal em espiral, ao passo que também possibilitam ao professor considerar e ampliar o seu “conhecimento sobre a compreensão dos estudantes”. E, esse processo tem como espinha dorsal sua “concepção sobre o propósito para o ensino desse tema”.

Nessa “concepção”, o professor manifesta convicções e valores que revelam o seu compromisso com a aprendizagem dos alunos. E por meio dela mobiliza elementos das demais categorias do conhecimento (do tema, pedagógico geral e do contexto) para produzir situações de ensino que tornam os conteúdos do tema compreensíveis aos alunos, de maneira a favorecer sua aprendizagem.

Implicações

O comprometimento com sua prática docente e a mobilização de conhecimentos pedagógicos para ressignificar e adaptar o conteúdo específico para o ensino são diferenciais desse professor em seu contexto de atuação. Essas características derivam, principalmente, de um percurso formativo que viabilizou a contínua reflexão e transformação de sua prática docente ao longo dos anos. Nesse sentido, destacamos como implicações deste trabalho para a formação de professores a importância do acompanhamento e apoio aos professores ingressantes nesse nível do ensino, o estímulo a formação pedagógica e a criação de espaços formais

para a reflexão sobre a própria prática. Sendo esses, elementos reconhecidos como fundamentais para o desenvolvimento do PCK do professor investigado.

No âmbito das implicações na sala de aula, a explicitação do PCK desse professor nos permitiu reconhecer aspectos que podem favorecer o ensino da cinética enzimática nas aulas da Educação Superior, a saber, destacamos: (i) a utilização de estratégias de ensino que viabilizem a interação entre os agentes da sala de aula, (ii) a contextualização do ensino de maneira a considerar os interesses pessoais e profissionais dos alunos e (iii) a utilização do conteúdo como meio para que os alunos desenvolvam competências e habilidades associadas à sua aplicação, à sua síntese e à avaliação de situações e de problemas por meio deles.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação do professor investigado e o apoio financeiro para o grupo de pesquisa conduzido por agências governamentais brasileiras CNPq, CAPES (Processo N. 99999.003928/2014-04) e FAPESP (Cepid Redoxoma Processo N. 13/07937-8). Ao Instituto de Educação da Universidade de Lisboa pela recepção do primeiro autor para estágio de pesquisa.

Referências bibliográficas

Baxter, J. A., e Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. Em J. Gess-Newsome e N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 147-161) Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. New York: David McKay.

Cunha, M. I. (2009). Inovações Pedagógicas: O desafio da Reconfiguração de Saberes. Em S.G. Pimenta e M.I. Almeida (Eds.), *Pedagogia Universitária* (pp. 211-236). São Paulo: EDUSP.

Fernandez, C. (2011). PCK - Conhecimento Pedagógico do Conteúdo: perspectivas e possibilidades para a formação de professores. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC – I CIEC 2011. Rio de Janeiro, RJ: ABRAPEC, v. 1. pp. 1-12. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0370-1.pdf>

Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers training. *Problems of Education in the Twenty First Century*, 1(60), 79-100.

Fernandez, C., e Goes, L.F. (2014). Conhecimento pedagógico do conteúdo: estado da arte no ensino de ciências e matemática. Em A. Garriz, S.F.D. Rosales e M.G. Lorenzo (Eds.), *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana* (pp. 65-99). Saarbrücken, Alemanha: Editorial Académica Española.

Galiazzi, M. C., e Moraes, R. (2006). *Análise textual discursiva*. Ijuí, RS: Editora Unijuí.

Galvão, C. (2005). Narrativas em Educação. *Ciência e Educação*, 2, 11, 327-345. Recuperado de <http://www.scielo.br/ciedu>.

Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York: Teacher College Press.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 2(45), 169-204.

Loughran, J., Berry, A., e Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.

Magnusson, S., Krajcik, J., e Borko, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. Em J. Gess-Newsome e N.G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: PCK and science education* (pp. 95-132). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.

Marzzoco, A., e Torres, B.B. (2010). *Bioquímica Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.

Montenegro, V. L. S., e Fernandez, C. (2015). Processo reflexivo e desenvolvimento do conhecimento pedagógico do conteúdo numa intervenção formativa com professores de química. *Revista Ensaio*, 1(17), 251-275.

Pimenta, S. G., e Almeida, M. I. (2009). *Pedagogia Universitária*. São Paulo: EDUSP.

Quadros, A. L., e Mortimer, E. F. (2014). Fatores que tornam o professor de ensino superior bem-sucedido: analisando um caso. *Ciência e Educação*, 1(20), 259-278.

Rios, T. A. (2011). Ética na docência universitária: a caminho de uma universidade pedagógica? Em S. G. Pimenta e M. I. Almeida (Eds.). *Pedagogia Universitária: caminhos para a formação de professores* (pp. 229-245). São Paulo: CORTEZ.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/ Science literacy. Em S. K. Abell e N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729-780). New Jersey: Lawrence New Jersey e Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Van Driel, J. H.; Berry, A., e Menrink, J. (2014) Research on Science Teacher Knowledge. Em N. G. Lederman e S. K. Abell (Eds), *Handbook of research on science education* (pp. 848-870). New York: Routledge.

Sangiogo, F. A. e Zanon, L. B. (2012). Reflexões sobre Modelos e Representações na Formação de Professores com Foco na Compreensão Conceitual da Catálise Enzimática. *Química Nova na Escola*, 1(34), 26-34.

Severino, A. J. (2009). Ensino e Pesquisa na Docência Universitária: Caminhos para a Integração. Em S. G. Pimenta e M. I. Almeida (Eds.), *Pedagogia Universitária* (pp. 129-146). São Paulo: EDUSP.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 1(57), 1-22.

Silva, E. F. (2009). *Nove aulas inovadoras na universidade*. São Paulo: Papirus.

Yin, R. K (2010). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.