



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação - PRPPG
Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências – PPGE

ROBSON OLIVEIRA QUEIROZ

**A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS, NA FORMA DE
ANALOGIAS, NO ENSINO DE ISOMERIA 3D: UMA INVESTIGAÇÃO
DOS SABERES DOCENTES JUNTO A PROFESSORES DE QUÍMICA**

Recife-PE

Mai/2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO – MESTRADO

**A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS, NA FORMA DE ANALOGIAS, NO
ENSINO DE ISOMERIA 3D: UMA INVESTIGAÇÃO DOS SABERES DOCENTES
JUNTO A PROFESSORES DE QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências. Área de concentração: Ensino de Química. Linha de pesquisa: Formação de Professores.

Mestrando: Robson Oliveira Queiroz

Orientadora: Dr^a Analice de Almeida Lima

Co-Orientadora: Dr^a. Suely Alves da Silva

Recife-PE

Mai/2015

Ficha Catalográfica

Q3u Queiroz, Robson Oliveira
 A utilização de modelos didáticos, na forma de analogias,
 no ensino de isomeria 3D: uma investigação dos saberes
 docentes junto a professores de química / Robson Oliveira
 Queiroz. – Recife, 2015.
 109 f.: il.

 Orientador(a): Analice de Almeida Lima.
 Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ensino de
 Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
 Departamento de Educação, Recife, 2015.
 Inclui apêndice(s) e referências.

 1. Professores – Formação 2. Didática 3. Química – Estudo
 e ensino 4. Ensino – Metodologia I. Lima, Analice de Almeida,
 orientadora II. Título

CDD 370.71

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO – MESTRADO

**A UTILIZAÇÃO DE MODELOS DIDÁTICOS, NA FORMA DE ANALOGIAS, NO
ENSINO DE ISOMERIA 3D: UMA INVESTIGAÇÃO DOS SABERES DOCENTES
JUNTO A PROFESSORES DE QUÍMICA**

Robson Oliveira Queiroz

Composição da Banca Examinadora:

Prof^a. Analice de Almeida Lima, Dr^a.
Orientadora

Prof^a. Kilma da Silva Lima Viana, Dr^a.
Examinadora Externa

Prof^a. Ângela Fernandes Campos, Dr^a.
Examinadora Interna

Prof^a. Suely Alves da Silva, Dr^a.
Co-orientadora

Dissertação aprovada no dia 28 de Maio de 2015 no Departamento de Educação da UFRPE

Dedicatória

À minha mãe, Lizete (vó Dete), *in memoriam*, a quem sou grato e amarei eternamente!

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus, o ser supremo que permitiu a realização desse mestrado em minha vida e aquele que aprendi a respeitar e reverenciar através de minha Mãe.

Gostaria de agradecer também a minha orientadora Prof^ª Analice de Almeida, por sua paciência e apoio dado desde o início. Também, por ter me motivado a realizar este trabalho e suas contribuições valiosas.

Agradeço a Prof^ª Suely Alves pelo seu apoio e contribuições ocorridas ao longo do trabalho.

Agradeço aos professores amigos Iram Moura, Luiz Carlos dos Anjos, Aluízio Galdino e a Prof^ª Taciana Menezes pelas contribuições, prestezas e paciência inesgotável de todos, coisa de amigo mesmo.

Agradeço à Prof^ª Ângela Campos e à Prof^ª Kilma Viana por suas preciosas contribuições e paciência eterna em me fornecer subsídios para a conclusão deste trabalho.

Finalmente, agradeço à minha filha Jessika pela colaboração e presteza.

Epígrafe

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”

Fernando Pessoa

Resumo

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de analisar o modo como um grupo de três professores de Química de uma instituição federal de ensino vivencia em sala de aula, em ação, portanto, um conteúdo de caráter bastante abstrato, denominado de estereoisomeria ou isomeria (3D), termo utilizado na pesquisa, objetivando-se contribuir para a formação dessa classe de professores. Esse conteúdo envolve a isomeria geométrica e a isomeria ótica. A análise envolveu a determinação dos modelos de ensino através da utilização de analogias, usada pelos professores, e a determinação dos saberes mobilizados por esses durante suas aulas ou, pelo menos, os saberes que deveriam ser mobilizados. Os professores ministraram duas aulas, cada um, sobre a isomeria (3D). Essas aulas foram observadas através da filmagem por um agente terceiro e depois foram transcritas as falas dos professores. Além disso, foram realizadas algumas observações sobre o modo de atuação dos professores em sala, bem como de suas explicações sobre o conteúdo. A análise preliminar das falas transcritas foi realizada fazendo uma associação entre os passos dados pelos professores em suas aulas, utilizando as analogias, e uma metodologia de uso racional das analogias, a TWA (Teaching With Analogies). Após uma primeira análise das falas dos professores, elaborou-se um questionário complementar para que os professores respondessem, baseando-se nessas falas em sala de aula e objetivando trazer as relações entre os saberes mobilizados pelos professores e os modelos analógicos utilizados nas aulas sobre a isomeria (3D). Os resultados indicaram, em linhas gerais, que os professores fazem uso de três tipos de modelos analógicos para suas explicações sobre a isomeria (3D): o concreto, o operacional e o modelo com múltiplas analogias. Os dados também mostram que os professores utilizam tais modelos desprovidos de rigor, de uma forma espontânea e que fazem uso das analogias sem se preocupar com o conhecimento prévio dos alunos, ou seja, se os estudantes sabem diferenciar a analogia que foi feita pelo professor do assunto alvo. Determinou-se também que o saber do conteúdo, segundo Shulman, apresentado pelos professores é bastante expressivo, todavia, os saberes do currículo e pedagógico estão aquém do que se esperaria para tais professores, que são experientes. Por fim, foram encontradas algumas deficiências com relação à formação desses professores, através do registro de problemas no raciocínio pedagógico. Esse procedimento pedagógico deveria ter sido desenvolvido ao longo dos anos, conforme Shulman, com alguns passos que deveriam ser seguidos. Esses passos estão relacionados à avaliação durante o processo de ensino e também à reflexão para retomar o processo, presentes no raciocínio pedagógico.

Palavras-chave: Formação de professores. Saberes docentes. Modelos de ensino. Analogias.

ABSTRACT

This research was carried out in order to examine how a group of three chemistry teachers of a federal educational institution experienced in the classroom at work a rather abstract content called the stereoisomerism or isomerism (3D), a term used in the research, aiming to contribute to the formation of this teachers class. This content involves geometrical isomerism and optical isomerism. This analysis involved the determination of educational models through the use of analogies used by teachers and the determination of knowledge mobilized by them during their classes or at least the knowledge that should be mobilized. The teachers have given two lessons each on the isomerism (3D). These lessons were observed and shot by a third agent and then the speeches of teachers were transcribed, and some observations were made about their ways of doing things in the classroom and the way they explained the contents. Preliminary analysis of the transcribed speech was carried out by an association between the steps taken by teachers in their classes using analogies and a rational use of methodology of analogies, the TWA (Teaching With Analogies). After an initial analysis of the teachers' speeches a supplementary questionnaire was drawn up so that the teachers could answer it based on these lines in the classroom and aiming to bring relations between the knowledge mobilized by teachers and analog models used in classes on the isomerism (3D). The results showed, in general, that teachers have used three types of analog models for their explanation of the isomerism (3D), concrete, operational and the model with multiple analogies. The teachers have used such models without rigor spontaneously and they have used analogies without worrying about the students' prior knowledge, for example, if they know the difference between the analogy used and the subject of the lesson. It was determined also that knowledge of the content, according to Shulman, presented by teachers is very significant; however, the curriculum knowledge and teaching are at lower levels than one would expect for such teachers who are experienced. Finally, we found some shortcomings regarding the training of these teachers, through the fault pointing the pedagogical reasoning that should have developed over the years, according to Shulman, as some steps you should follow and which relate to assessment during the process of reflection and teaching to resume the process, present in the pedagogical reasoning.

Key-words: Teacher's formations. Teaching knowledge. Teaching models. Analogies.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Problema de pesquisa	4
Objetivo Geral	5
1 REVISÃO DA LITERATURA	7
1.1 A Linguagem no Ensino de Química	7
1.2 A Isomeria (3D) e o seu Ensino	9
1.3 Analogias, Metáforas e Modelos	12
1.3.1 Analogias como Modelos Didáticos na Prática Docente	15
1.3.2 A Utilização de Analogias nas Ciências e no Ensino de Ciências	19
1.4 As Pesquisas sobre a Formação de Professores	24
1.4.1 A Formação de Professores e os Saberes Docentes	26
1.4.2 Shulman e os Saberes Docentes	29
2 METODOLOGIA	34
2.1 Considerações Iniciais	34
2.2 O Contexto da Pesquisa	35
2.3 Considerações sobre os sujeitos da pesquisa	36
2.4 Um Referencial Metodológico: O Modelo TWA (Teaching With Analogies)	37
2.5 Os instrumentos de Pesquisa e a Análise Empírico-Interpretativa	39

2.5.1 Observações das Aulas	41
2.5.2 Questionário Estruturado	43
2.6 Critérios para Análise dos Resultados	45
3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	46
3.1 Dados Obtidos das Observações das Aulas	46
3.1.1 Categorização das Falas do Professor P1 – Observação das Aulas	47
3.1.2 Categorização das Falas do Professor P2 – Observação das Aulas	51
3.1.3 Categorização das Falas do Professor P3 – Observação das Aulas	54
3.2 Elaboração do Questionário – Justificativas	58
3.2.1 Dados Obtidos das Respostas ao Questionário	62
3.2.2 Análise das Respostas do Professor P1 – Questionário Aplicado	62
3.2.3 Análise das Respostas do Professor P2 – Questionário Aplicado	65
3.2.4 Análise das Respostas do Professor P3 – Questionário Aplicado	67
3.2.5 Comparando os Resultados	70
3.2.6 As Necessidades de Conhecimento Segundo Shulman	74
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
REFERÊNCIAS	84
APÊNDICE - Questionário Proposto	95

Lista de Figuras

Figura 1.	Exemplos de isômeros constitucionais	9
Figura 2.	Representações de estereoisômeros	10
Figura 3.	Relações entre analogias, metáforas e modelos	13
Figura 4.	Refração da luz ao passar do ar para o vidro é como um par de rodas, enquanto rola obliquamente, passando do papel para um tapete	38
Figura 5.	A preocupação do professor P2 está relacionada com as diferentes formas de representação por parte dos estudantes e as conexões possíveis entre estas, que são: visual para conceitual, conceitual para visual e conceitual e visual, simultaneamente	67

Lista de Quadros

Quadro 1.	Algumas analogias conhecidas na história das Ciências.	20
Quadro 2.	Alguns modelos de ensino baseados em analogia..	21
Quadro 3.	Características sobre A Base de Conhecimento para o Ensino, segundo Shulman (1986, 1987)	30
Quadro 4.	Esquema para o Raciocínio Pedagógico.	32
Quadro 5.	Características dos professores envolvidos na pesquisa como sujeitos de pesquisa	36
Quadro 6.	Modelo de quadro para a associação dos comentários dos professores em ação, na sala de aula, com relação a aplicação da metodologia TWA no ensino de isomeria (3D)	41
Quadro 7.	Modelo de quadro para análise das respostas ao questionário dadas pelos professores P1, P2 e P3	44
Quadro 8.	Quadro para análise referente aos conhecimentos do professor segundo Shulman (1986)	46
Quadro 9.	Os conhecimentos do professor segundo Shulman (1986): conteúdo, pedagógico do conteúdo e curricular	47
Quadro 10.	Categorização das falas do professor P1 a partir da transcrição das aulas dadas em sala de aula	51
Quadro 11.	Categorização das falas do professor P2 a partir da transcrição das aulas dadas em sala de aula	55
Quadro 12.	Respostas do Professor P1 ao questionário	63
Quadro 13.	Respostas do Professor P2 ao questionário	65
Quadro 14.	Respostas do Professor P3 ao questionário	67
Quadro 15.	Resumo dos dados obtidos das falas transcritas em sala de aula e das respostas aos questionários aplicados aos professores P1, P2 e P3	70
Quadro 16.	Aspectos relevantes da prática dos professores P1, P2 e P3, com relação às Bases de Conhecimento para o Ensino. (SHULMAN, 1987)	75

Lista de Tabelas

Tabela 1.	Conteúdos vivenciados nas aulas dos professores P1, P2 e P3	41
Tabela 2.	Número “estimado” de saberes mobilizados pelos professores P1, P2 e P3 baseado na análise dos modelos analógicos utilizados e dos conteúdos ensinados ou citados em suas aulas	59
Tabela 3.	Análise do raciocínio pedagógico dos professores P1, P2 e P3, com relação a alguns conhecimentos docentes desses professores	78

INTRODUÇÃO

Atualmente a escola necessita de profundas mudanças que envolvem de um lado seus programas obsoletos e pouco atrativos e de outro a questão do processo de ensino, no qual os professores precisam refletir sobre a sua prática, renovando-a e aprimorando-a, com o intuito de possibilitar que os alunos adquiram resultados relevantes no processo de aprendizagem e, como não poderia deixar de ser, atribuam significado aos conteúdos científicos que necessitam aprender para estarem inseridos na vida moderna, tornando-se assim, capazes de utilizá-los como ferramentas facilitadoras da compreensão do mundo e do seu desenvolvimento (BRASIL, 1996).

Uma boa aprendizagem em Química possibilita ao indivíduo uma melhor interpretação do mundo. Isto permite que ele possa atuar de forma ativa e consciente sobre a natureza e a sociedade, modificando-as e modificando-se. Entretanto, lamentavelmente, verifica-se que a Química vem sendo trabalhada sem a devida consideração de que é uma ciência que trata de conceitos abstratos e o seu ensino está se restringindo bastante a memorizações de fórmulas, definições, nomenclaturas, símbolos e cálculos matemáticos. Além disso, a falta de contextualização na Química também tem sido um dos motivos para a dificuldade de aprendizado desta ciência por parte dos alunos (ibid).

Assim, é necessário que o professor pense a sua prática como inclusiva e motivacional para os alunos e passe a focar sua atenção não simplesmente em conteúdos científicos necessários para a formação dos estudantes e sim como instrumento que promova avanço na compreensão que os indivíduos têm da ciência em suas várias dimensões, observando e buscando entender como se dá a aprendizagem. No que se refere a adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das ciências, “é preciso [...] conhecer a importância que possuem, isto é, na construção dos conhecimentos científicos, no ambiente da sala de aula e no das escolas, nas expectativas do professor e no seu compromisso pessoal com o progresso dos alunos etc” (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1992, p.33).

O ensino de Química utiliza uma linguagem própria para a representação do real, por meio de símbolos, fórmulas, convenções e códigos. Neste processo, torna-se necessário que o aluno desenvolva competência adequada para reconhecer e saber utilizar tal linguagem. Por isso, é importante a utilização de instrumentos que desenvolvam no aluno habilidades cognitivas para compreensão dos fenômenos químicos na dimensão microscópica e

macroscópica. Segundo Giordan (1999, p. 47), “trata-se de conferir certa concretude à representação molecular, necessária ao engajamento do sujeito no processo de transição de um nível concreto para um nível formal de pensamento”. Tais instrumentos servem como reforço para facilitar a transição entre o abstrato e o concreto e são de suma importância no ensino de Química.

Um importante instrumento, adequado para promover a compreensão de conceitos abstratos, são os modelos didáticos propostos pelo professor de química em sala de aula, com o objetivo de torná-las atrativas e adequadas para promoção de discussões sobre determinados temas que são de difícil entendimento por envolver, por exemplo, a necessidade de imagens para a sua compreensão, analogias e algumas vezes metáforas, transpondo os alunos de um plano abstrato a um plano concreto, retornando ao abstrato. Os modelos didáticos exercem papel importante na abordagem de conteúdos de Química, sendo tais modelos muitas vezes representados por analogias e metáforas. Segundo Ferreira e Justi (2008, p.32):

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar elaboração e teste de novas ideias e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

De acordo com Gil-Pérez e Carvalho (1992, p.50), “a atividade de uma professora ou de um professor vai muito além do ato de ministrar aulas”. Ao propiciar atividades levando-se em consideração um caminho que esteja de acordo com uma proposta inovadora de ensino, como a elaboração e utilização de um modelo, fará com que o professor ou a professora saia de sua zona de conforto e passe a considerar referenciais importantes no desenvolvimento do processo de ensino. Ao propor, por exemplo, um modelo didático na abordagem da isomeria (3D)¹, o professor mostra-se envolvido no processo de aprendizagem e em condições de suplantarem o método tradicional, encarando de vez uma proposta inovadora, sendo a compreensão dos processos de produção de conhecimento e dos modelos elaborados nesse contexto, necessários para a promoção de um aprendizado significativo, isto é, um aprendizado no qual o aluno estabeleça relações entre o que está aprendendo e o que já sabe, favorecendo a transposição de um dado conhecimento para outros problemas e situações (FERREIRA; JUSTI, 2008).

¹ Isomeria (3D) é a denominação dada a estereoisomeria ou isomeria configuracional ou ainda também denominada de isomeria espacial em alguns trabalhos envolvendo a utilização do computador para o ensino de isomeria como desenvolvido por Raupp, Serrano e Moreira (2009).

Uma formação docente melhor qualificada é o que motiva a análise da prática docente. Cabe conjecturar se as deficiências na formação docente constituem em um obstáculo intransponível, e que os diferentes problemas podem ser abordados e resolvidos em um processo criativo e satisfatório. Lembremos que em geral, se detecta uma rejeição tanto dos professores em formação quanto daqueles em exercício frente a questões teóricas, considerando que não é essencial, por exemplo, ter e usar conhecimentos de psicologia da aprendizagem (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993). Isto sugere que a formação dos professores precisa está pautada em discussões e aprimoramentos de metodologias que possam contribuir no desenvolvimento de saberes necessários a sua profissionalização.

Ademais, é bom destacar que o ideal seria uma melhor qualificação desses professores já na formação inicial, porém, devemos entender que a formação continuada serve também para sanar lacunas deixadas anteriormente, o que possibilitará ao professor uma readequação as necessidades no processo de ensino-aprendizagem.

Uma forma de diagnosticar as necessidades da formação docente, especificamente de Química, está em procurar respostas a questões relacionadas à prática de sala de aula envolvendo conteúdos que são de um grau de abstração elevado, conteúdos estes tratados, muitas vezes, de uma forma simplista, sem levar em consideração a problemática que é a obtenção de modelos adequados para o ensino destes, como o estudo da isomeria (3D). Os modelos didáticos, por sua vez, se constituem na aplicação de certos conhecimentos de forma racional, não aleatória, como as analogias. A partir da observação na articulação que o professor faz para utilizar os modelos didáticos no ensino da isomeria (3D), pode-se propor na formação desses professores ações que contribuam para que adquiram os conhecimentos necessários a sua profissionalização.

Uma das formas de entender o que seja um modelo seria perceber que o mesmo pode ter vários significados como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia, que é elaborado com um propósito específico, dentre muitos como para facilitar uma visualização; fundamentar a elaboração e teste de novas idéias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado. “Assim, um modelo não é uma cópia da realidade, muito menos a verdade em si, mas uma forma de representá-la originada a partir de interpretações pessoais desta” (FERREIRA; JUSTI, 2008, p.32).

Vale ressaltar também que o modelo surge na mente das pessoas e que, assim sendo, a elaboração desse modelo mental é uma atividade desenvolvida pelo indivíduo isolado ou em grupo. A expressão desse modelo através de vários modos como ações, fala ou símbolos se

constituem no modelo expresso. O modelo expresso e o modelo mental muitas vezes são divergentes, o que revela a dificuldade que há na transposição de um modelo para o outro. É importante que professores saibam reconhecer essas divergências, pois elas representam uma limitação em relação ao acesso aos modelos mentais e aos processos de desenvolvimento desses modelos (JUSTI; MILAGRES, 2001).

Em relação ao ensino de química, tal aspecto adquire uma importância maior em função do nível de abstração envolvido tanto nas entidades que são modeladas quanto nos processos de entendimento de tais modelos. Não é simples a elaboração de um modelo didático de ensino, pois estes modelos devem levar em consideração fatores como conhecimento prévio dos alunos e modelos já aceitos que são denominados de modelos consensuais. Um modelo de ensino então representa uma maneira diferente de apresentar um modelo consensual e não simplesmente uma simplificação do mesmo (JUSTI, 1997).

Um tipo de modelo didático utilizado, muitas vezes, de forma espontânea ou não, por professores de Química são as analogias utilizadas comumente no ensino de ciências e que se constituem nos próprios modelos. A analogia não pressupõe igualdade simétrica, mas uma relação usada com a finalidade de esclarecer o desconhecido a partir do que se conhece (DUARTE, 2005). Dessa forma, a analogia pode ser definida como uma comparação entre dois domínios que asseguram algumas correlações (JUSTI, 2000). A utilização das analogias é inerente ao ensino das ciências em geral, como na Química, e se constitui em um importante recurso que deve ser utilizado de forma racional para evitar o surgimento de obstáculos para o desenvolvimento cognitivo do aluno. Veremos que o processo de ensino com o uso de analogias vem sendo modelado e aprimorado cada vez mais.

Diante do que foi anteriormente exposto, apresentamos agora, o problema de nossa pesquisa com os seus objetivos. A questão central dessa pesquisa refere-se a aspectos necessários à formação dos professores de Química: *Como os modelos didáticos, na forma de analogias, são utilizados por professores de Química no ensino da isomeria (3D), de modo a sinalizar os principais saberes mobilizados pelos professores na sua formação, ao utilizarem esses recursos?*

Para respondermos a esta questão central apresentamos a seguir nossos objetivos de pesquisa, geral e os específicos, que serão investigadas e irão contribuir para a compreensão da visão dos professores com relação à importância que é dada a utilização dos modelos em suas aulas de Química e que fornecerão indícios para a necessidade da compreensão dessa ferramenta e o seu aprendizado nos cursos de formação inicial e continuada o que nos conduzirá ao êxito em nossa pesquisa.

Objetivo Geral

Analisar os modelos didáticos utilizados na forma de analogias pelos professores de Química, no ensino da isomeria (3D), que sinalizam sobre os principais saberes mobilizados pelos professores a partir da utilização desses recursos.

Como suporte a esse objetivo, temos outros a serem atingidos e que fornecerão o suporte para respondermos a nossa questão de pesquisa.

Objetivos Específicos

- *Identificar os principais modelos didáticos, na forma de analogias, utilizados por professores de Química ao ensinarem a isomeria (3D).*
- *Analisar como os professores utilizam as analogias no ensino de isomeria (3D).*
- *Estabelecer conhecimentos² base para a utilização dos modelos didáticos no ensino de isomeria (3D), para serem construídos na formação de professores.*

Os objetivos, ao serem alcançados então, permitirão a análise de que forma os modelos didáticos, na forma de analogias, são utilizados por professores de Química do ensino médio, na abordagem do conteúdo de isomeria (3D). Isto possibilitará obter quais são os principais modelos didáticos, na forma de analogias, utilizados por esses professores na abordagem do ensino desse conteúdo, e identificaremos as ideias apresentadas pelos professores, relacionadas aos modelos didáticos, na forma de analogias, na abordagem daquele conteúdo e, finalmente, identificaremos os ²conhecimentos que professores de Química deveriam mobilizar ao utilizarem modelos didáticos, na forma de analogias.

A presente pesquisa foi realizada com o objetivo de contribuir para a formação de professores, uma vez que se trata de observar e questionar a forma como professores de Química atuam em sala de aula. Sua formatação foi tal que uma discussão inicial a cerca sobre as dificuldades das representações químicas viessem à tona junto com a dificuldade que o professor apresenta ao ensinar conteúdos relacionados a essas representações.

² Os termos conhecimento e saber são utilizados nessa pesquisa como sinônimos, uma vez que vários autores utilizam-nos com o mesmo significado, como Gil-Pérez (1998), Tardif (2000) e Shulman(1987).

Em seguida, abordamos a questão do ensino e da dificuldade de representação sobre a estereoisomeria ou isomeria (3D), como este conteúdo é denominado neste trabalho. Procuramos resgatar algumas pesquisas relacionadas às dificuldades de representação espacial, inerente, de acordo com estas pesquisas, ao caráter visuoespaciais das moléculas. Entre os autores que contribuíram para a pesquisa sobre as dificuldades de compreensão das moléculas tridimensionalmente ou das representações químicas de uma forma geral podemos citar: Gabel (1998); Johnstone (1993); Wu et al (2001); Melo e Santos (2013); Krajcik (1991); Bem-Ziv et al (1988).

Na sequência, procurou-se compreender um instrumento muito utilizado em ciências e no ensino de ciências, as analogias. Resgatamos algumas pesquisas relacionadas com a utilização das analogias apresentando um breve histórico e, principalmente, a utilização desse recurso de forma racional em sala de aula, como um modelo de ensino. Destacamos que a utilização das analogias como modelos de ensino vêm sendo pesquisado e testado como, por exemplo, o trabalho de Harrison e Treagust (1993), os quais reformularam e aprimoraram um modelo proposto por Glyn et al (1991), realizando um estudo de caso.

E para finalizarmos o nosso embasamento teórico resgatamos algumas pesquisas relacionadas à formação de professores, principalmente àquelas relacionadas com os saberes docentes, como as pesquisas de Lee Sulman na década de 1980. Utilizamos os conhecimentos apontados por Shulman (1986, 1987) e a TWA (*Teaching With Analogies*), metodologia desenvolvida por Harrison e Treagust (1993), como referenciais metodológicos em nossa pesquisa, com o objetivo de respondermos a nossa questão de pesquisa, a qual está relacionada com os saberes mobilizados por professores de Química em atividade na sala de aula ao ensinarem a isomeria(3D).

1 REVISÃO DA LITERATURA

1.1 A Linguagem no Ensino de Química

Uma das principais áreas de pesquisa acerca de desenvolvimento de compreensões conceituais de estudantes é em relação a conceitos químicos que envolvem a representação química, principalmente, considerando-a nos níveis macroscópicos e simbólicos (GABEL, 1998; JOHNSTONE, 1993).

A representação química se refere a vários tipos de fórmulas, estruturas e símbolos usados para representar processos e entidades conceituais (por exemplo, moléculas e átomos) (WU et al, 2001). Segundo Hoffman e Lazlo (1991), as representações podem ser vistas como metáforas, modelos e construções teóricas da interpretação química da natureza e da realidade.

A Química no nível simbólico é representada por símbolos, números, fórmulas, equações e estruturas. As representações microscópicas e simbólicas frequentemente usadas na Química envolvem desde analogias fenomenológicas de experiências sensoriais ao nível macroscópico (HOFFMAN; LAZLO, 1991) até as que levam os químicos para uma linguagem comum (NYE, 1993). Desta forma, atuam como instrumentos na condução de investigações e na comunicação com membros das comunidades científicas (KOZMA et al, 2000). Atualmente, as representações químicas também são amplamente vistas em periódicos da área e em jornais direcionados à população leiga para descrever e explicar reações e fenômenos (WU et al, 2001).

Acredita-se que aprendendo representações químicas um estudante pode construir três tipos de conexões cognitivas básicas envolvendo informações conceituais e visuais (WU et al, 2001):

- conexões representacionais entre a informação conceitual que está presente por uma fonte externa e representada pelo aprendiz;
- conexões representacionais entre informação visual que está presente por uma fonte externa e representada pelo aprendiz;
- conexões referenciais entre sistemas conceituais e visuais.

Alguns estudos confirmaram que a compreensão de representações simbólicas é extremamente difícil para muitos estudantes, pois essas representações são invisíveis e abstratas requerendo uma visão que supere a informação sensorial (BEN-ZVI et al, 1988). Eles tendem a parar em um nível sensorial, mostrando-se inábeis para visualizar e interpretar as representações moleculares e simbólicas (BEN-ZVI et al, 1986). Além disso, sem conhecimento conceitual substancial e habilidades visuo-espaciais, os estudantes não são hábeis para transformarem uma dada representação em outra (KEIG; RUBBA, 1993).

Pesquisas de diferentes autores (MELO; SANTOS, 2013; KRAJCIK, 1991; BEN-ZVI et al, 1988), indicam que têm sido verificados três tipos principais de dificuldades no aprendizado de representações químicas: dificuldade de interpretação das representações, dificuldade ou falta de visualização espacial e pouca habilidade na manipulação mental das representações. A maioria dos alunos das escolas secundárias não interpreta apropriadamente os significados das representações (KRAJCIK, 1991). Um exemplo disso pode ser mostrado pelo estudo de Ben-Zvi et al, (1986), que trabalhando com o nível de descrição dos alunos (macroscópico, atômico-molecular e multiatômico), ele percebeu que os alunos mobilizavam os seus modelos mentais intuitivos de átomos e moléculas em suas explanações ou descrições sobre essas representações e viam as fórmulas químicas como representação de uma partícula sem os conceitos de átomos. Alguns estudantes, todos após receberem uma substancial instrução química, ainda viam fórmulas como abreviações para nomes mais do que como sendo um modo para representar a composição ou estrutura, enquanto outros mantêm uma concepção alternativa de que a fórmula é uma abreviação para uma mistura (BEN-ZVI et al, 1988).

Para auxiliar os estudantes na compreensão dos conceitos químicos são sugeridos variados recursos, tais como:

- adaptação de estratégias de ensino baseada no modelo de mudança conceitual (KRAJCIK, 1991);
- interação de atividade de laboratório junto com as de sala de aula (JOHNSTONE; LETTON, 1990);
- uso de modelos concretos (COPOLLO; HOUNSHELL, 1995);
- utilização da tecnologia como ferramenta de aprendizagem (KOZMA et al, 1996).

Para investigação da atuação do professor de química quanto à utilização dos modelos didáticos através do uso das analogias, escolheu-se o conteúdo de isomeria (3D), por se tratar de um conteúdo abstrato como tem demonstrado as pesquisas em Ensino de Química, pois, nessa linha os pesquisadores têm dado um maior direcionamento às relações entre as dificuldades visuo-espaciais dos estudantes e suas aprendizagens em estereoisomeria, exigindo dos alunos substancial abstração (KURBANOGLU; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2006). A seguir, faremos uma explanação sobre tal conteúdo e alguns pormenores sobre a dificuldade de estudo devido a representações químicas espaciais exigirem habilidades que os estudantes em geral não apresentam.

1.2 A Isomeria (3D) e o seu Ensino

Quando compostos químicos diferentes apresentam a mesma fórmula molecular, ocorre o fenômeno da isomeria. Os compostos são chamados de isômeros. Assim, “isomeria é o fenômeno pelo qual dois ou mais compostos de mesma fórmula molecular diferem entre si, devido à diferente distribuição dos átomos na molécula. Cada um dos compostos é isômero do outro” (AMARAL, 1985, p. 21). A figura 1 retrata as estruturas de dois isômeros, o primeiro muito utilizado comercialmente na forma de sal, o ortocresol (um fenol), e o segundo é o fenilmetanol (um álcool), ambos com fórmula molecular C_7H_8O . Observe que a diferença entre os compostos está no fato dos dois pertencerem a funções químicas diferentes.

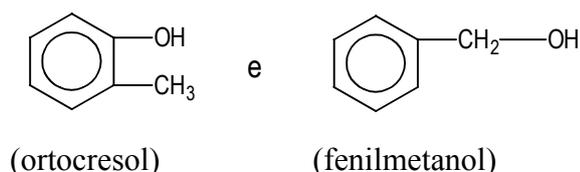


FIGURA 1: Exemplos de isômeros constitucionais.

Fonte: O próprio autor.

A observação de compostos que possuem mesma fórmula molecular, porém, são diferentes, perpassa pela análise detalhada da estrutura desses compostos, buscando suas diferenças. Quando a diferença está na observação de alterações na constituição dos átomos nas estruturas, tem-se a isomeria constitucional, também denominada de isomeria plana. É o caso da figura 1.

Todavia, em muitos casos não é possível apenas com a fórmula estrutural o julgamento da presença ou não de isômeros e sendo assim, é necessário recorrer-se a estruturas espaciais ou é preciso visualizar espacialmente as moléculas. Nesses casos,

denominamos a isomeria de estereoisomeria ou isomeria espacial ou configuracional ou isomeria (3D). Recorre-se a estruturas espaciais, as quais são diferenciadas pela configuração relativa dos átomos e que não é perceptível nas estruturas planas.

Como está indicado na figura 2, onde as moléculas são imagens uma da outra no espelho plano, entretanto, são diferentes e, portanto, estereoisômeros. Estas moléculas são figuras semelhantes à mão e são denominadas de quirais (que significa mão). Esta é uma analogia clássica no estudo da isomeria (3D), significando que as moléculas são “semelhantes” à mão.

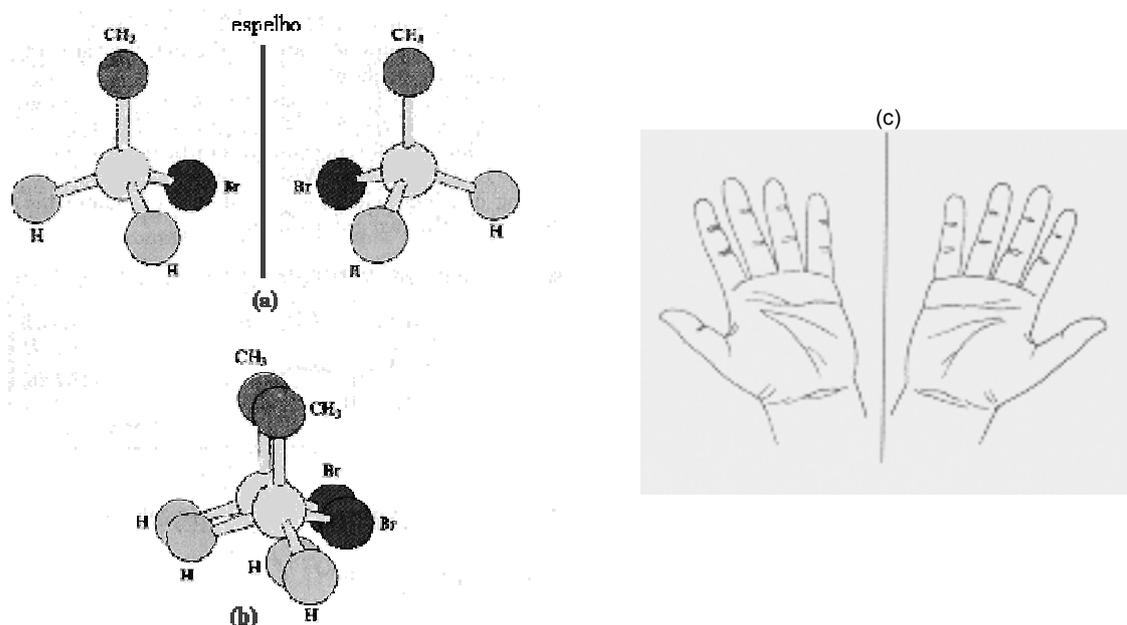


FIGURA 2: Representações de estereoisômeros. A molécula objeto e a molécula imagem (a) não são idênticas, pois a prova é o fato de não serem superponíveis (b). Uma analogia utilizada em livros didáticos é a mão (quiral) direita e a esquerda, que também representam figuras cujo objeto e a imagem não são idênticas (c), porque não são superponíveis.

Fonte: Disponível em (<http://www.iqsc.usp.br/docentes/janete/quimica/?id=pagi27.html>/24.03.2014).

A ideia de que o estudo da Química implica, além da observação dos fenômenos naturais (universo macroscópico), a representação destes em linguagem científica (universo simbólico) e “manipulação mental” de partículas como átomos, íons e moléculas (universo microscópico), pressupõe que o verdadeiro entendimento e o domínio do conhecimento químico dependem da livre transição entre esses três níveis (JOHNSTONE, 1982, apud SOUZA; CARDOSO, 2008). Uma das funções do professor é a de perceber a dificuldade que há na articulação dos três níveis citados anteriormente, encaixando assim os modelos didáticos adequados a uma compreensão que permita essa livre transição.

É necessário para tanto que o professor aceite o desafio de se depara com tal dificuldade apresentada pelos alunos e, por vezes, pelos próprios professores. Como é colocado por Pacca e Scarinci, (2010, p. 710):

Os professores em exercício já detêm uma prática pedagógica que, de algum modo, vem funcionando; não atingindo plenamente os objetivos de ensino de forma satisfatória e desejável, mas garantindo, ao professor, segurança quanto à seqüência didática a ser adotada, à previsibilidade de respostas dos alunos às atividades, aos métodos de avaliação e às necessidades de improvisação que possam surgir na sala de aula [...].

Portanto, a utilização consciente das analogias no ensino da isomeria (3D) faz com que o professor construa modelos didáticos mais sólidos, concatenados com as necessidades de compreensão dos alunos. Poucos pesquisadores têm percebido e buscado respostas para as dificuldades apresentadas pelos alunos no aprendizado da isomeria (3D) tais como Correia et al, (2010), Raupp; Serrano; Moreira, (2009) e Souza, (2011). Concepções prévias, utilização de softwares para visualização espacial das moléculas e utilização de modelos computacionais foram experimentados auxiliando os alunos para que pudessem desenvolver habilidades e competências no aprendizado da isomeria tridimensional.

Vale salientar a pesquisa realizada sobre o ensino de isomeria por Campos, Neto e Marcelino Jr. (2013), na qual procuraram investigar a compreensão sobre o conteúdo de isomeria por professores em formação e como constroem o conceito de isomeria após abordagem baseada em situação-problema. Os seus resultados indicaram que havia obstáculos de compreensão apenas para alguns dos grupos pesquisados, que consistia em um total de nove grupos. Muitas das respostas dos grupos foram classificadas como insatisfatória para o conceito de isomeria apresentado.

Mesmo assim, as pesquisas em Ensino de Química tendo a isomeria como objeto de estudo praticamente inexitem, quando comparadas a outros conteúdos curriculares, e destacam apenas a isomeria em compostos orgânicos, com poucas exceções (QUEIROZ; BATISTA, 1998; YANG; FANG, 2000). Destacam-se muito nas pesquisas as dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão das estruturas espaciais das moléculas, detendo-se a forma que os mesmos visualizam as moléculas no espaço (KURBANOGLU; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2006).

Tal interesse tem sido estimulado principalmente pelos resultados das pesquisas que expõem as dificuldades de alunos e professores de diferentes níveis de ensino em

estereoquímica, que é considerada um tópico conceitualmente difícil da química por conta da abordagem tridimensional (RAUPP; SERRANO; MOREIRA, 2009; PAVLINIC et al, 2007; YANG; FANG, 2000; KOZMA; RUSSEL, 2008).

Um recurso que é muito utilizado de forma corriqueiramente involuntária pelo professor, é o uso de modelos didáticos na forma de analogias, fato verificado no ensino de ciências em geral e não apenas em Química. As analogias permeiam as explicações dadas no ensino de ciência. Um exemplo é o modelo atômico de Rutherford-Bohr, que é comparado quase que “unanimemente” pelos autores de livros didáticos, com o sistema solar em que o nosso planeta encontra-se inserido. As analogias então exercem um papel importante no ensino de Química e deveriam ser compreendidas como uma ferramenta indispensável na formulação dos modelos e desse modo poderiam ser utilizadas de forma racional para que se transformem em modelo para o ensino de ciências.

1.3 Analogias, Metáforas e Modelos

As analogias são utilizadas naturalmente no ensino de química. De forma mecânica ou involuntária as analogias são instrumentos presentes em sala de aula, constituindo-se como um recurso didático importante no contexto de ensino, se utilizadas por professores para fazer com que os alunos compreendam mais rapidamente os conteúdos vivenciados, ou aquelas criadas pelos próprios alunos, para mais facilmente assimilarem tais conteúdos, principalmente àqueles mais abstratos como o equilíbrio químico e a isomeria (3D). Tais analogias são apresentadas aos alunos pelos professores ou se encontram em livros didáticos apresentando função *explicativa*, isto é, apresentando uma explicação mais acessível ao aluno para algo de difícil compreensão. Nesse sentido, elas podem ser consideradas como *modelos de ensino*, isto é, representações criadas com o objetivo de ajudar os alunos a aprender aspectos do conteúdo ensinado (GILBERT; BOULTER, 1995).

Entretanto, seria importante para uma melhor avaliação crítica sobre as analogias, compreendermos a distinção entre modelo e analogia. Ademais, frequentemente são usadas as metáforas ao invés das analogias. Vejamos estes três conceitos e assinalemos suas diferenças. Godoy (2002) sugere que a analogia é uma habilidade que reconhece que uma coisa é *como* outra coisa. É sobre o elemento de conexão *é como* que recai a substancial diferença entre analogia e metáfora, embora encontremos em alguns estudos esses termos qualificados como sinônimos.

Para Ferraz e Terrazzan (2003, p. 214), “embora a metáfora se imponha mais pelo que sugere do que pelo que expressa, é mais sintética enquanto que a analogia é mais sistemática”. Ainda nesse contexto, Godoy (2002, p. 224) sugere que

Nas metáforas há uma transferência onde são transferidos todos os significados de alfa para beta. Em uma metáfora dizemos que “alfa é beta”, de maneira que alfa é utilizado para enriquecer o significado associado a beta. Na analogia dizemos que “alfa é como beta”, a correspondência entre alfa e beta é só parcial, restringe-se a um só aspecto.

Na analogia a relação entre os dois domínios é feita de forma explícita. Já na metáfora, qualquer elemento de conexão é omitido, transformando o que era relativo em identidade. Existem vários autores que declinam comparações entre analogias e metáforas. Vejamos o que diz Mól (1999, p. 143):

[...] os conceitos de analogia, metáfora e modelo são empregados na literatura científica, mas sem uma boa distinção entre eles [...]. Nossa intenção com esse trabalho é apresentar uma proposta de sistema conceitual que possibilite definições mais precisas, no contexto do ensino de Ciências, de cada um dos referidos conceitos e de outros relacionados. Pretende-se também que fiquem claras as relações existentes entre os conceitos.

A explanação anterior se resume a figura a seguir:

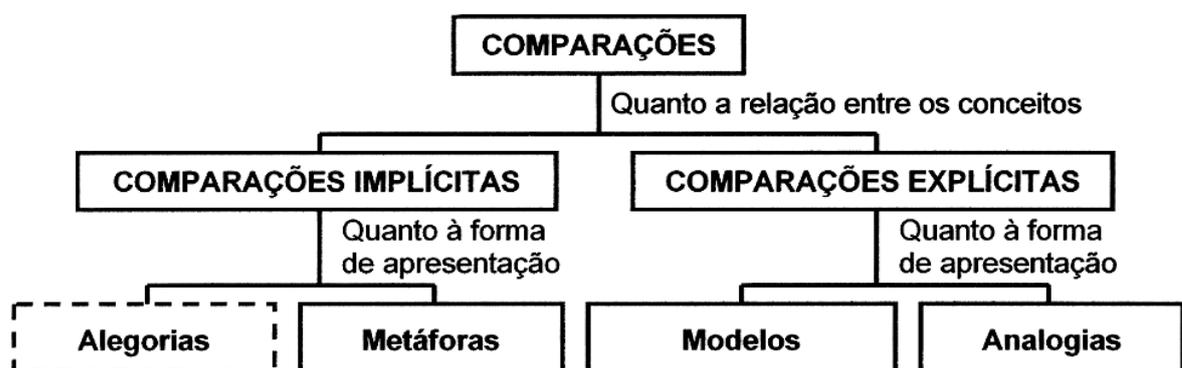


FIGURA 3: Relações entre analogias, metáforas e modelos.
Fonte: (MÓL, 1999).

Mól (1999) define cada termo anterior da seguinte forma:

- **COMPARAÇÃO:** é o ato de confrontar dois conceitos, com o objetivo de elucidar um conceito em estudo (alvo), através de características semelhantes a outro conceito (domínio).
 - **Quanto ao tipo de relação:** as comparações podem ser *implícitas*, quando a relação entre os conceitos não são claras ou *explícitas*, que é um tipo de comparação em que a relação entre os conceitos são enunciados.
 - **Comparações Implícitas:** são as *metáforas*, que correspondem a comparações realizadas através de descrições que realçam qualidades que não coincidem, e as *alegorias*, que são comparações entre conceitos através da representação de qualidades que não coincidem.
 - **Comparações Explícitas:** são os *modelos*, que correspondem a comparações feitas entre um conceito alvo e uma imagem ou objeto que o represente, e as *analogias*, que são comparações feitas entre conceitos através das descrições de suas similaridades.

Percebemos então que na analogia a relação entre os dois domínios é feita de forma explícita. Já na metáfora, qualquer elemento de conexão é omitido, transformando o que era relativo em identidade. A omissão do termo sugestivo da relação analógica confere à metáfora ambiguidade: a multiplicidade de seus aspectos pode fecundar o pensamento e o transportar para direções diferentes das desejadas. A linguagem analógica também desempenha essencial papel na (re)construção do conhecimento no ensino de Ciências. Na relação professor-aluno, é de se esperar que se implementem frequentemente as analogias como veículo de comunicação. O emprego de analogias e metáforas na educação em ciência promove um trânsito entre o conhecimento dos alunos e o conteúdo científico apresentado pelo professor.

No caso dos modelos, sendo um modelo uma representação de uma idéia, objeto, evento, processo ou sistema, e de modelagem como o processo de construção de modelos, Krapas et al (1997) definem cinco categorias de modelos:

- *Modelo mental:* é o modelo pessoal e que pode ser expresso por meio da ação, da fala, da escrita ou do desenho.

- *Modelo consensual*: é o modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais com o propósito de compreender/explicar idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas.
- *Modelo pedagógico*: é o modelo construído com o propósito de promover a educação. No sentido amplo, um modelo pedagógico inclui os processos de mediação didática, isto é, os processos de transformação de conhecimento científico em conhecimento escolar.
- *Meta-modelo*: é o modelo formalizado rigorosamente, compartilhado por grupos sociais, e construído com o objetivo de compreender/explicar o processo de construção e funcionamento de modelos consensuais ou de modelos mentais.
- *Modelagem como objetivo educacional*: enfatiza a promoção da competência em construir modelos como propósito central do ensino de ciências.

Acreditamos que o raciocínio analógico seja indispensável na aprendizagem de conceitos científicos, embora finalizada a fase de aquisição do conceito, o aprendiz deve se emancipar da analogia inicial, pois o conceito uma vez integrado e operante na estrutura cognitiva do sujeito passa a estabelecer novas relações e conexões que lhe conferem identidade e sentido próprio, independente das analogias utilizadas inicialmente para a sua apropriação por parte do aprendiz.

1.3.1 Analogias como Modelos Didáticos na Prática Docente

Primeiro vamos estabelecer a diferença que há entre “modelo” na *dimensão da didática do ensino* e “modelo” na *dimensão do ensino de ciências*. Na dimensão didática do ensino o modelo didático tem sido uma ideia utilizada como uma tentativa de representar os fazeres pedagógicos dos professores (PORLÁN et al, 1996; 1997; GARCÍA PÉREZ, 2000). Modelo didático é um esquema mediador entre a realidade e o pensamento do professor, uma estrutura na qual se organiza o conhecimento (SANTO JÚNIOR; MARCONDES, 2010).

A prática docente em Química não poderia deixar de se respaldar em tal questão uma vez que existe uma relação entre o modelo mental apresentado pelo aluno e o modelo didático do professor. O conceito de modelo didático nessa dimensão pode ser uma ferramenta intelectual útil para abordar os problemas educativos, ajudando-nos a estabelecer o necessário vínculo entre o exame teórico e a intervenção prática (GUIMARÃES; ECHEVERRIA; MORAIS, 2006). É fundamental que o professor tenha plena consciência da utilização do modelo didática para que possa atuar criticamente, evitando obstáculos de ordem conceitual ou pedagógica no processo de ensino-aprendizagem. Echeverria et al, (2006, p. 308), descreve alguns tipos de modelos didáticos na dimensão da didática do ensino:

- 1 - O **modelo didático tradicional** traz como pressupostos básicos a formação dos alunos a partir da transmissão de conteúdos fundamentais da cultura vigente, numa perspectiva enciclopédica, de caráter cumulativo e fragmentado, primando-se pelo saber acadêmico, incluindo a hierarquia entre professor-aluno e a orientação da formação no sentido de submissão, passividade e aceitação acrítica de normas. [...];
- 2 - O **modelo didático tecnológico** surge da necessidade de adaptação da escola tradicional a novos contextos sócio-econômicos influenciados pelo desenvolvimento técnico científico. Sem alterar suas finalidades, a escola utiliza-se de recursos mais atualizados, aprimorando sua função reprodutora. [...];
- 3 - O **modelo didático espontaneísta-ativista** tem um caráter de resistência ao modelo tradicional, pressupondo “uma crítica de caráter ideológico-político à cultura racionalista e academicista” (GARCÍA PÉREZ, 2000, p. 8). Desloca-se o centro do processo ensino/aprendizagem para o aluno. Os conteúdos devem ser definidos pelos interesses dos mesmos e voltados para a sua realidade; os conhecimentos científicos são desvalorizados, [...];
- 4 - O **modelo didático de investigação na escola** tem como finalidade educativa “o enriquecimento do conhecimento dos alunos, numa direção que conduza para uma visão mais complexa e crítica da realidade”, servindo de fundamentação para a participação social responsável (GARCÍA PÉREZ, 2000, p. 10). Considera importantes os conhecimentos disciplinares da mesma forma que considera os conhecimentos cotidianos, a problemática ambiental e social, bem como o conhecimento denominado metadisciplinar. [...].

Entretanto, o nosso foco não se refere aos “modelos” encarados na dimensão da didática das ciências anteriormente citados e sim, na *dimensão do ensino de ciências em si*, um instrumento presente na sala de aula, servindo como intermediador direto entre o objeto em estudo e o sujeito aprendiz, promovido pelo professor como facilitador do aprendizado. A atividade de elaborar modelos permite ao aluno visualizar conceitos abstratos pela criação de estruturas por meio das quais ele pode explorar seu objeto de estudo e testar seu modelo, desenvolvendo conhecimentos mais flexíveis e abrangentes (CLEMENT, 2000, apud FERREIRA; JUST, 2008).

Os modelos têm bases em pressupostos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo como ponto de partida, são os chamados “*modelos mentais*”. Para Jonhson-Laird apud Greca

(2002), modelos mentais são estruturas cognitivas idiossincráticas, determinadas e concretas, que acontecem na memória de trabalho do sujeito que quer compreender, explicar ou predizer uma situação ou processo específico, atuando como análogos estruturais dessa situação ou processo. Logicamente, é a partir dos modelos mentais que surgem os modelos científicos que são, em última análise, modelos consensuais validados e aceitos pela comunidade científica.

O professor passa a ter um papel importante na compreensão por parte dos alunos dos modelos científicos, uma vez que esse subsidia o modelo mental dos alunos com a apresentação do que denominamos de modelo didático. Segundo Lima (2007, p. 63):

[...] há um conjunto de estratégias de negociação entre as pré-concepções trazidas pelos alunos para a sala de aula e as idéias inerentes ao modelo científico mediadas pelo que o autor (apud OLIVA, 2003) denomina como representação didática do modelo, a qual seria apresentada pelo professor de modo a auxiliar a construção do modelo objeto [...].

Sobre o modo que o professor de química encara a atividade de modelagem em sua prática, no âmbito restrito da transposição do conteúdo da isomeria (3D) no processo de ensino, é um tema importante para ser estudado, uma vez que a elaboração de modelos que facilitem a compreensão dos alunos ou até dificultem, em última análise, revelará se as estratégias utilizadas pelos professores são coerentes e conscientes. Verificando como o professor desenvolve os modelos didáticos, através da utilização de analogias, e se ele percebe a necessidade de uma racionalização na utilização desse método no processo de ensino, são fatores que podem revelar esse uso consciente e coerente.

Assim como os alunos, os professores também têm pré-concepções, não somente quanto ao conteúdo científico, mas também quanto à visão de ciência, de ensino e de aprendizagem e suas concepções são basicamente tão limitadas quanto às visões e ideias dos alunos nos mesmos domínios (PACCA; SCARINCI, 2010). Dessa forma precisam se preparar melhor, desde sua formação inicial, em uma prática docente visando obter os resultados que estão em busca, ou seja, a aprendizagem com significado (AUSUBEL, apud MOREIRA, 1997).

Algumas pesquisas vêm relacionando a prática docente com saberes necessários para se atingir a aprendizagem significativa como, por exemplo, os enfoques em multimodos e múltiplas representações (LABURÚ; BARROS; SILVA, 2011), e a utilização de mapas conceituais como forma de redirecionar a atuação docente em sala de aula (SILVEIRA, 2004). Dessa forma, o professor precisa buscar formas modernas de atuar em sua prática,

propiciando aos alunos a possibilidade de compreensão e retenção dos conceitos, relacionando-os a conhecimentos prévios adquiridos outrora. Isto está relacionado com a utilização de modelos na forma de analogias e a aprendizagem significativa.

Relacionado à construção dos modelos de ensino para qualificação do processo de ensino, vale ressaltar a importância que há na formação dos professores, a abordagem sobre a elaboração de analogias e metáforas, as quais são atributos importantes para elaboração desses modelos de ensino. Para Duit (1991) e Treagust et al, (1992), a analogia é uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Ainda é preciso perceber o caráter mais imediato quanto ao uso das analogias do que as metáforas, no ensino das ciências. Segundo Duit (1991, p.651) os conceitos de metáforas e analogias são diferentes, pois,

[...] analogias e metáforas expressam comparações e realçam similaridades, mas elas fazem isso de formas diferentes. Enquanto as analogias explicitam as características comuns entre os dois domínios, “uma metáfora compara implicitamente, realçando características ou qualidades que não coincidem nos dois domínios”. Literalmente, uma metáfora é uma comparação falsa.

As analogias são modelos didáticos corriqueiramente presentes em livros didáticos e na sala de aula. Precisa-se, na construção das analogias, que se recorra a alguns fatores para se evitar “enganos e confusões” didáticas e pedagógicas por parte dos alunos e até dos próprios professores.

O pensamento humano sempre se vale de um recurso que é a utilização de analogias para uma melhor compreensão de conceitos básicos. No nosso cotidiano, utilizamos analogias para explicar ‘algo’ para alguém ao usarmos expressões do tipo ‘se parece com...’, ‘é como se fosse...’. Analogias são populares em ciências, pois auxiliam a comunicação e o entendimento de problemas (MENDONÇA; JUSTI; OLIVEIRA, 2007). Portanto, trata-se de um recurso que por si só já justifica o seu uso, ou seja, tem o objetivo de esclarecer, de auxiliar a compreensão de um novo conceito. No ensino de Química é muito comum a utilização das analogias, em seus diversos campos, com o objetivo de permitir aos alunos imaginar, modelar, extrair parte do todo e integrá-las mentalmente, uma vez que se depara constantemente com conceitos abstratos.

As analogias são similaridades entre dois domínios diferentes, sendo que um deles deve ser familiar ao aprendiz – denominado ‘domínio da analogia’, ou ‘análogo’ – e o outro não familiar – sendo chamado ‘domínio do alvo’ (CURTIS; REIGELUTH, 1984). O

raciocínio analógico, então, provê significado aos fenômenos científicos através do estabelecimento de relações com aquilo que o aprendiz traz de conhecimentos prévios. Segundo Mendonça, Justi e Oliveira (2007, p. 2)

Uma analogia considerada ‘boa’ pode ser redigida baseada em poucas ou apenas uma única característica, desde que tal(is) característica(s) atenda(m) as finalidades para as quais foi proposta. Uma boa analogia pode ‘clarear’ o pensamento e auxiliar os estudantes a modificar seus conceitos, fornecendo-lhes caminhos que os ajudem a ‘visualizar’ conceitos abstratos, isto é, imaginar, modelar mentalmente a realidade relacionada a tais conceitos.

Todavia, as analogias devem ser utilizadas de forma racional pelos professores para que não funcionem como um obstáculo epistemológico (BACHELARD, 1996), pois, algumas pesquisas mostraram que podem provocar nos estudantes muita confusão conceitual ou até mesmo não apresentarem eficiência alguma para o aprendizado dos alunos.

Segundo a literatura (GLYNN, 1989; DUIT, 1991; ORGILL; BODNER, 2004), tais dificuldades se relacionam: (1) ao fato de elas poderem trazer uma informação supérflua ao estudante, resultando em o mesmo continuar a não compreender o conceito-alvo; (2) à existência de domínios análogos que não sejam realmente familiares ao aluno ou que sejam irreais, isto é, inventados; (3) ao fato de estudantes recorrerem ao uso de analogias de forma mecânica, isto é, utilizando-as como sendo os próprios conceitos e não uma “ponte” para facilitar o entendimento desses conceitos (MENDONÇA; JUSTI; OLIVEIRA, 2007). Isso sugere que o professor ao utilizar as analogias deve assim fazer com cuidado e destreza, demonstrando que avaliou os possíveis labirintos a que podem conduzir seus alunos, tomando as precauções para que isto não ocorra. Vejamos que as analogias já são utilizadas há muito tempo no desenvolvimento científico de uma forma geral.

1.3.2 A Utilização de Analogias nas Ciências e no Ensino de Ciências

As analogias são utilizadas no ensino de ciências desde quando esta passou a desempenhar um papel primordial para o desenvolvimento e racionalização dos conhecimentos. Era utilizada como uma estratégia para se compreender conceitos abstratos, de difícil entendimento. Foi utilizada pelos filósofos gregos, em seguida na matemática e depois atingiu as ciências como a física, a biologia e a química.

No quadro 1 a seguir, temos algumas aplicações das analogias no passado, referente ao estudo das ciências, na filosofia, na física, na biologia e na química. Essas analogias se constituíram como base para modelos que melhor explicassem as teorias a que se referiam.

QUADRO 1

Algumas analogias conhecidas na história das Ciências

Analogia na História da	Exemplo
Filosofia Grega	<p>Analogia da Caverna (Sócrates) – explica os dois tipos de conhecimento: sensorial e inteligíveis.</p> <p>Teeteto de Platão – é um diálogo platônico sobre a teoria do conhecimento. Nele aparece pela primeira vez explicitamente na filosofia o confronto entre a verdade e o relativismo onde o conhecimento tem suas definições realçadas por analogias.</p>
Física	<p>O Princípio de Arquimedes – relacionou um volume de água deslocado em uma banheira com o volume da coroa do Rei Heron, demonstrando que a coroa não era de ouro puro.</p> <p>Galileu e o Estudo do Movimento – Galileu ao perceber que sua teoria sobre objetos em queda livre não se apoiava em fatos experimentais, decidiu provar através de experimentos que dois objetos de pesos diferentes caíam a velocidade iguais, ao contrário do que se pensava na época.</p>
Biologia	<p>Darwin e a Analogia da Árvore da Vida – através dessa analogia Darwin formulou a <i>Teoria da Origem das Espécies</i>.</p>
Química	<p>Analogias Sobre os Modelos Atômicos – Bola de bilhar (Dalton) → Planetário (Rutherford -Bohr).</p> <p>A Hipótese de Lavoisier – Lavoisier, ao postular sua hipótese sobre a respiração como troca de gases com o meio ambiente, comparou a respiração à combustão.</p> <p>A Descoberta da Estrutura da Molécula do Benzeno – Kekulé sonhou com uma cobra que mordia seu próprio rabo. Ao acordar propôs uma estrutura cíclica para o benzeno.</p> <p>As Oitavas de Newlands – Em 1866, o inglês J. A. R. Newlands apresentou um trabalho onde ele compara a organização dos elementos químicos ao teclado de um piano com suas notas divididas em períodos ou oitavas.</p>

Fonte: Adaptado de Freitas, (2011, p. 16)

Percebemos que a utilização das analogias surgiu muito mais como uma necessidade de facilitar a compreensão de modelos, conceitos e teorias, através de observações ou, como resultado do pensamento abstrato do homem, não possuindo inicialmente um caráter de método ou de racionalidade, pois se apresentavam mais como um recurso argumentativo. Através das analogias seria possível aproximar as ideias dos cientistas das compreensões

advindas de observações dos leigos, daqueles que buscavam a compreensão para adquirir o conhecimento.

Conforme Terrazzan et al, (2000), a utilização de analogias e modelos como recurso didático, tem evidenciado que desempenham um importante papel no processo de reconstrução do conhecimento científico pelos estudantes e tem apresentado resultados promissores. Portanto, faz-se necessário uma melhor compreensão desta ferramenta pelos professores em formação e aqueles que já estão em exercício, uma vez que é um instrumento utilizado de forma quase imperceptível pelos docentes em sala de aula e encontra-se, por exemplo, presente em livros didáticos. Entretanto, para que as analogias possam ser utilizadas como modelos é necessário que sejam consideradas de forma racional, evidenciando que o professor exerce pleno domínio e é consciente de seu uso no processo de ensino.

Devido à necessidade de se utilizar as analogias de forma programada no ensino, vários modelos foram testados, para que a utilização das analogias no processo de ensino ocorresse de forma sistemática. A seguir, no quadro 2, temos um resumo de algumas pesquisas que resultaram em propostas de modelos de ensino com o uso das analogias. Segundo Oliva et al, (2001, p. 459), “tanto o professor como os alunos precisam dispor de elementos que lhes permitam sistematizar o processo de construção das analogias [...]” e necessitam de um modelo que possibilite a construção de analogias desde uma perspectiva crítica. Temos os seguintes modelos testados, cada um dentro de uma perspectiva adequada ao processo em que foi utilizado, mas, nem por isto, deixaram de apresentar significado para a utilização das analogias.

Quadro 2
Alguns modelos de ensino baseado em analogias

Modelo	Autor(es)	Descrição sucinta
GMAT – General Modelo of Analogy Teaching	Zeiltoun (1984)	Leva em consideração as particularidades próprias de cada analogia, as conveniência das mesmas, a metodologia a ser implementada na aula e as característica do meio onde se vai aplicar o modelo. É desenvolvido em 9 etapas.
MECA – Modelo de Ensino com Analogias	Nagem et al (2001)	Nesse modelo, os próprios alunos criam suas analogias. Isto serve como referência para a avaliação do aprendizado. Deve-se seguir 9 passos para a completa implementação do modelo.
MAPA – modelo de		Trata-se de um modelo baseado na mudança conceitual. Os alunos produzem, avaliam e modificam

continua

Analogias Produzidas pelos Alunos	Wong (1993)	suas próprias analogias à medida que sua compreensão se modifica. É composto de 4 fases.
“MAA” – Modelos das Analogias de Aproximação	Brown e Clement (1989)	Consiste no estabelecimento de um raciocínio analógico entre situações que são conhecidas pelo aluno como análogo, aproveitando-se de seu senso comum para chegar ao conceito científico por de uma série de analogias intermediárias, cada uma delas elaboradas com base na anterior.
“MAM” – Modelos das Analogias Múltiplas	Spiro et al (1989)	Nesse caso, criam-se analogias múltiplas que são integradas ao tema em estudo, onde cada uma delas é elaborada com base na anterior, sendo que cada nova analogia apresenta uma correção da anterior.
ECP e ECA – Modelos com Analogias: Estratégia Centrada no Professor e Estratégia Centrada no Aluno.	Cachapuz (1989)	Ocorre em 4 fases. Pode ser centrada no professor (ECP), onde as analogias funcionam como mediadoras de ensino, estabelecendo pontes cognitivas para facilitar a integração da nova informação na estrutura cognitiva do aluno; Quando é centrada no aluno (ECA), só é utilizada quando os alunos já possuem uma estrutura cognitiva mínima com relação ao que está em estudo.
MDA – Modelos Didático Analógico	Galagovsky e Adúris-Bravo (2001)	Ocorre em três momentos distintos. Em linhas gerais, é dada a informação ao aluno para que o mesmo possa adquirir o conhecimento ali envolvido. O professor age como um facilitador para que o aluno adquira o conhecimento.
TWA – Teaching With Analogies	Glyn et al (1991)	Consiste em modelo com o uso de analogias que visa orientar tanto docentes como autores de livros didáticos. Harrison e Treagust reformularam o modelo inicial de Glyn, tornando-o sistematizado para o ensino, apresentando 6 passos a serem seguidos para que as analogias sejam utilizadas de forma racional.

Fonte: Próprio autor

conclusão

Sendo uma ferramenta voltada para ser utilizada como modelo de ensino, o uso de analogias vem sendo analisado por três tipos de grupos de pesquisa: O 1º grupo encara as analogias como estratégia didática na construção dos conceitos científicos, utilizando algumas vezes textos didáticos como base no processo, um 2º grupo utiliza as analogias na forma como estão apresentadas em textos didáticos e um 3º grupo analisa as analogias na forma como são utilizadas em sala de aula pelos professores, no contexto escolar (FERRAZ, 2001).

Ressalta-se também que os modelos para utilização de analogias, citados no quadro 2, conduzem a uma maior análise crítica, ao se aplicar, pesquisar ou utilizar as analogias em sala de aula, focando o processo de ensino ou as habilidades dos docentes no trato com as analogias, recorrendo-se a formação para justificar as observações. Embora alguns estudiosos, como Bachelard (1996), destaquem que a utilização de analogias pode levar a obstáculos epistemológicos, outros estudiosos, como Duit (1991), Glynn (1991), Treagust (1992) e Duarte (2005), colocam que as analogias são poderosas ferramentas, pois facilitam o processo de construção de conceitos, considerando uma visão construtivista, na medida em que partem de situações conhecidas, ou seja, utilizam os conhecimentos dos estudantes no estudo de novos conceitos, sendo um instrumento útil no ensino de ciências. Segundo Freitas (2011, p. 46) afirma que quando as analogias são utilizadas adequadamente,

- Desenvolvem a capacidade cognitiva;
- Estimulam a criatividade;
- Facilitam a mudança e a evolução conceitual;
- Levam à ativação do raciocínio analógico;
- Organizam a percepção;
- Permitem evidenciar concepções alternativas;
- Podem ser utilizadas para avaliar a compreensão e o conhecimento dos alunos;
- Tornam as explicações mais interessantes, atraindo a atenção dos alunos;
- E elevam o conhecimento científico para um nível mais compreensível, facilitando o processo de abstração de conteúdos não familiar.

Assim, as analogias ao serem utilizadas de forma racional revelam-se em um instrumento poderoso na tentativa de tornar o processo de ensino de isomeria (3D) significativo, sendo que o contrário deveria exigir uma atenção maior, uma vez que pode conduzir para uma dificuldade no aprendizado e no processo de ensino.

Para evitar interpretações equivocadas é necessário que o professor tenha plena consciência e compreensão daquilo que está ensinando e do recurso que está utilizando no ensino do conteúdo, e o estudo da isomeria (3D) apresenta pormenores que vão desde conceitos simples a conceitos abstratos, os quais necessitam que o aluno transite entre as mais variadas formas de representação utilizadas na Química. A isomeria (3D) é o ponto final do estudo do fenômeno da isomeria, comum na química, e verifica-se que é mais explorada para os compostos orgânicos do que os inorgânicos, embora os inorgânicos também apresentem tal fenômeno, pois o químico alemão Victor Meyer (1848-97) mostrou os enlaces de átomos de nitrogênio, arranjados tridimensionalmente, podiam explicar certos tipos de isomerismo óticos.

Também, outros químicos verificaram que essa característica era aplicável a outros átomos, como mostrou o inglês William Jackson Pope (1870-1939) ao enxofre, ao selênio e ao estanho, e o franco-alemão Alfred Werner (1866-1919) ao cobalto, ao cromo, ao ródio e a outros metais (ASSIMOV, 2003). O Werner verificou que também há isomerismo entre os complexos inorgânicos, resultando em isômeros constitucionais e estereoisômeros de compostos de coordenação (ibid).

Entretanto, o professor ao se deparar com um conteúdo como o de isomeria (3D), traz à tona a necessidade de apresentação das habilidades que deveriam estar presentes em sua formação, mas, na verdade ainda se encontram em desenvolvimento, habilidades estas relacionadas com o conhecimento da matéria em estudo e o conhecimento pedagógico dessa matéria. Observa-se que a pesquisa referente à formação dos docentes tem contribuído para que os mesmos enfrentem situações adversas em sala de aula e seria necessária a continuação dessa formação, para melhor qualificá-los.

1.4 As Pesquisas sobre a Formação de Professores

Muitos pesquisadores têm se debruçado no estudo da formação de professores (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 1993; ALARCÃO, 1996; NÓVOA, 1997; SCHÖN, 1997; GARCÍA, 1997; PÉREZ, 1997; ZEICHNER, 1997; SHULMAN, 1986; MALDANER, 2003; SCHNETZLER; ROSA, 2003), o que proporcionou uma vasta e variada produção intelectual que aborda desde o histórico até propostas inovadoras de formação docente. Entretanto, o professor ainda se mune de uma prática pouco sistematizada baseada muitas vezes em sua intuição e percepção incompleta de ensino ao se defrontar em seu processo na sala de aula. Apesar de perceber com um pouco mais de clareza quando um resultado de aprendizado é ou não satisfatório, aquilo que os professores nem sempre conseguem é compreender o que produziu esse resultado e, conseqüentemente, que estratégias e atitudes adotar ou recusar, para, na continuidade das suas aulas, aproximar os resultados à meta almejada (PACCA, 1992).

Segundo Shulman (1986), um dos aspectos da formação do professor que é de grande relevância é a de propiciar os conhecimentos necessários a atividade docente. Segundo este autor, há sete conhecimentos necessários, dos quais destacamos três que utilizaremos como aporte metodológico para análise em nossa pesquisa: *de conteúdo*, *pedagógico do conteúdo e curricular*. O primeiro tipo de conhecimento diz respeito ao conhecimento do conteúdo específico, próprio da área do conhecimento de que é especialista o professor, por exemplo, a

química. (ibid). Para o autor, a diferença entre um químico, por exemplo, e um professor de química está na maneira em que o conhecimento é apresentado, o qual seria o momento em que se configura o conhecimento pedagógico do conteúdo.

O segundo tipo de conhecimento é o conhecimento pedagógico do conteúdo. Este é o conhecimento que permite ao professor prever e perceber as dificuldades que o aluno pode ter para aprendê-lo, quais as relações conceituais que o aluno terá de realizar. Como ressalta o autor, não é um conhecimento pedagógico geral, mas do conteúdo específico a ser ensinado. Ter este conhecimento significa, por exemplo, o professor entender que a ciência é uma produção simbólica e que aprender ciência significa que o aluno tem que atribuir significado à linguagem da cultura científica (DRIVER et al, 1999).

E, finalmente, o terceiro tipo de conhecimento é o conhecimento curricular, que diz respeito ao conjunto dos conteúdos, à relação entre eles e mais ainda, aos objetivos do seu ensino. É comum encontrarmos professores que quando indagados sobre os motivos de ensinarem este ou aquele conteúdo, respondem com o mais profundo silêncio ou com respostas que não os justificam. O professor precisa estar preparado para o exercício da docência munido de habilidades que só serão possíveis se durante sua formação forem observados aspectos relevantes tais como os citados, e que possibilitarão a construção de uma escola que propiciará aos estudantes respostas, ou rumos para respostas, que indagam sobre o entendimento do mundo em que vivem.

De acordo com Romanelli (1996, p. 27), “a escola é o lugar eleito socialmente para a construção de tipos específicos de conhecimento, e a ação docente se configura como uma atividade humana transformadora”. Portanto, o professor precisa focar sua atenção em novas metodologias que promovam o aprendizado de forma dinâmica, não retrógrada e com eficiência. A Química é uma ciência que se desenvolveu e adquiriu grande importância no cenário mundial, estando a favor do desenvolvimento tecnológico, influenciando na agricultura, na produção de materiais importantes da vida moderna como detergentes, adubos, insumos para vários tipos de indústrias como a farmacêutica etc. A compreensão dessa ciência torna-se essencial e estratégico para um País que quer figurar no futuro breve como um referencial de desenvolvimento.

É imbuído desse pensamento que o professor de Química deve se profissionalizar, buscando referenciais teóricos que o influencie na sua prática, nas suas concepções de educador. A relação entre o pensamento do professor e a maneira como exerce a docência é tema de uma série de estudos na pesquisa em ensino (PÉREZ; AGUADO, 2003; JÍMENEZ, 2001, 2003; SANTAELLA, 2000; ELBAZ, 1983, apud SANTOS JÚNIOR; MARCONDES,

2010). Por exemplo, para Perez e Aguado (2003), a formação dos professores no ensino básico, em especial, deve passar pela caracterização dos modelos de ensino pessoais desses professores que já possuem concepções definidas e, portanto, resistentes à mudança. A partir destes modelos podem-se inferir obstáculos significativos para orientar a reflexão sobre suas próprias ações e decisões para facilitar o seu desenvolvimento profissional. A seguinte questão é respondida ao final da pesquisa: É possível alterar os modelos didáticos pessoais?

Tentando resumir os resultados, caracterizou-se os modelos didáticos dos professores pesquisados o que permitiu a percepção de alguns obstáculos epistemológicos, o que indicou um primeiro passo para reflexão da própria prática, estimulando uma mudança educacional. Precisamos conhecer também as concepções apresentadas pelos professores no que concerne a sua prática cotidiana e ao potencial que possui para se engajar numa prática docente inovadora, potencial esse desenvolvido em sua vida acadêmica e que de alguma forma permeia as suas decisões e envolvimento com a prática docente.

Jimenez (1997) realizou pesquisas com foco na atitude dos professores com relação a alunos especiais, refletindo sobre as formas com que professor encarava o ensino quando lidava com alunos especiais, normais em sala de aula, inferindo sobre a forma como professor agia, percebia e dialogava com estes alunos. Foi o surgimento da escola normal na Europa, e a mudança iniciou-se pela pesquisa envolvendo a ação dos professores.

A pesquisa envolvendo os professores de Química perpassa pela compreensão de suas dificuldades inerentes que, no caso da Química é acentuada, uma vez que essa ciência está envolvida por múltiplas representações. Entendendo como os conhecimentos docentes são importantes ancoradouros para melhorar a formação dos professores, conhecimentos estes que são adquiridos ao longo da carreira de docente e não, apenas em uma formação inicial, poderemos dialogar melhor com aqueles que acreditam que a carreira docente se completa durante sua atividade.

1.4.1 A Formação de Professores e os Saberes Docentes

Um dos grandes obstáculos enfrentados por professores de ciências diz respeito ao ensino de conceitos abstratos. Bastos (1992) ao realizar entrevistas com alunos do 3º ano do ensino médio constatou que 37% confundem os conceitos de célula e átomo e chegam a afirmar que *os seres vivos são formados de células e não possuem átomos e os seres não vivos são formados de átomos e não possuem células*. O mesmo autor atribui parte das

dificuldades dos alunos às dificuldades apresentadas pelos próprios professores ao lidarem com conceitos abstratos.

Na percepção de professores do ensino médio (MAYER et al, 2000), conteúdos como Bioquímica, por exemplo, são difíceis de serem ensinados e aprendidos, devido ao seu caráter microscópico e extremamente abstrato. Assim, geralmente os professores terminam recorrendo simplesmente a memorizações, através de aulas simplesmente expositivas, sem se preocupar com as dificuldades apresentadas ao trabalhar com conceitos, como o de isomeria (3D), e, portanto, se faz necessário repensar a formação desses professores visando à busca de respostas sobre aquilo que os mesmos precisam conhecer para desenvolverem sua atividade de ensino com habilidade e competência.

Shulman (1987) aponta pelo menos quatro conhecimentos bases para o ensino: (1º) a formação acadêmica da disciplina a ensinar, (2º) a estrutura e materiais didáticos, (3º) a literatura educativa especializada e (4º) a sabedoria adquirida com a própria prática. Potencialmente importante para esta pesquisa, são os pontos (1º) e (4º) citados anteriormente, pois estão diretamente relacionados com a formação de professores. A formação acadêmica da disciplina a ensinar é o elo entre a transição *conteúdo* → *ensino* → *aprendizado*. Nos tempos atuais é evidente a deficiência que há na formação dos professores no que concerne ao desequilíbrio entre o conhecimento do conteúdo propriamente dito e o conteúdo pedagógico dessa disciplina, que relaciona o conhecimento do conteúdo com o saber ensinar tal conteúdo.

Trabalhos de pesquisa como o de Trotte et al, (2008), Soares et al, (2005), Nunes (2001), Tardif (2000), Maldaner (2000) e Hernandez (1996,1997), discutiram sobre a qualidade de formação dos professores de forma a terem um olhar diferenciado, associando a qualidade a aspectos como a realidade de sala de aula.

Estes trabalhos foram desenvolvidos levando-se em consideração o distanciamento que há entre a formação acadêmica e a escola básica, procurando observar as necessidades presentes na escola básica as quais necessitam de ser consideradas nos cursos de formação dos futuros professores. Através das observações das necessidades e problemas apresentados pela escola básica, a universidade enfocaria os seus cursos de formação de professores nessas deficiências o que, sem dúvida, resultaria em uma formação mais adequada a realidade sob a qual os futuros docentes seriam expostos.

Fiorentini et al, (1998) demonstraram que as pesquisas, desde a década de 1990, estavam a procurar valorizar o estudo dos saberes docentes na formação de professores. Para este autor, passou-se do conhecimento dos saberes específicos sendo cultuados na década de 1960, para que na década de 1970, houvesse a valorização dos aspectos didático-

metodológicos relacionados às tecnologias de ensino, passando para um segundo plano o domínio dos conteúdos. A dimensão sócio-política e ideológica da prática pedagógica surgiu como preocupação principal nos anos 1980,

Assim, mesmo nos anos 1990 quando os saberes escolares, os saberes docentes tácitos e implícitos e as crenças epistemológicas, como destaca, passaram a ser mais amplamente investigados, eram muito pouco valorizados e raramente problematizados ou investigados tanto pela pesquisa acadêmica educacional como pelos programas de formação de professores, pois as pesquisas sobre ensino e formação de professores passaram a priorizar o estudo de aspectos políticos e pedagógicos amplos (LINHARES, 1996). Assim, mesmo com o início dessas investigações, as pesquisas não as valorizavam como formas válidas ou legítimas de saber.

Assim, “os anos 1990 foram marcados pela busca de novos enfoques e paradigmas para a compreensão da prática docente e dos saberes dos professores, embora tais temáticas ainda fossem pouco valorizadas nas investigações e programas de formação de professores” (NUNES, 2001, p.30). Entretanto, ressaltamos atualmente, que há uma vasta área de pesquisa voltada para os conhecimentos (ou saberes) pertinentes aos docentes, com o objetivo de propiciar o desenvolvimento de uma prática pedagógica eficiente. Assim, podemos citar autores como Schön (1992); Nóvoa (1992; 1995); Zeichner (1993) e Tardif (2000; 2001; 2002), os quais têm servido de suporte para a maioria das produções técnicas, artigos, livros, comunicações, conferências e pronunciamentos de autores brasileiros, como pode ser verificado pela incidência da presença de suas obras nas referências bibliográficas destes autores.

Para Nóvoa (1995, p.27) “a relação dos professores com o saber constitui um dos capítulos principais na história da profissão docente: os professores são portadores (e produtores de um saber próprio ou são apenas transmissores e reprodutores) de um saber alheio? O saber de referência dos professores é fundamentalmente científico ou técnico?” Os saberes apresentados pelos professores ganham assim um status relevante para se compreender como esses profissionais agem em sala de aula, rompendo com uma visão simplista de achar que apenas os saberes sobre o conhecimento específico é o que deveria ser investigado, desvalorizando a sua prática.

A academia precisa não só valorizar o trabalho e a produção do professor, mas considerá-lo parceiro e colaborador nas questões sobre o ensino, pois é ele que intervém, acompanha, conduz, cria, reformula e aperfeiçoa as condições e os estímulos mediadores para o processo de construção do conhecimento pelo aluno (ZEICHNER, 1993). Isto demonstra a

preocupação em fazer com que o professor passe a ser o foco de observação nas pesquisas e não o processo em si, como foi por vários anos.

Finalmente, o professor não pode ser considerado apenas como mero transmissor de um conhecimento já elaborado e acabado, não podendo interferir de forma crítica, através de sua experiência, seus conhecimentos adquiridos durante a prática. Para Tardif (2002, p.228), “o saber docente é caracterizado como múltiplo e orientado por diversos saberes, originados dos saberes curriculares, das disciplinas, do exercício profissional e da experiência pessoal”. Ainda, “os professores de profissão possuem saberes específicos que são mobilizados, utilizados e produzidos por eles no âmbito de suas tarefas cotidianas” (ibid).

Todavia, vale salientar que antes da década de 1990 já haviam pesquisas com vistas aos conhecimentos, que consideraremos como sinônimo de saberes dos professores, e que essas pesquisas já simbolizavam uma mudança de paradigma, uma vez que até então o professor não era visto como agente de mudança, através de suas experiências, e não era considerado em pesquisas como possuindo um dinamismo que se transformariam, que possui emoções que interferiam no processo de ensino e que era crítico na sua ação de ensinar. Entre outros, destacamos as pesquisas de Lee S. Shulman da Universidade de Michigan e Stanford nos Estados Unidos da América, o qual será utilizado como referencial teórico-metodológico em nossa análise de dados. A seguir, vamos delinear algumas características importantes sobre o trabalho de Shulman.

1.4.2 Shulman e os Saberes Docentes

As pesquisas sobre formação docente têm colocado os professores no centro dos debates educativos e das problemáticas investigativas. Entender como os professores aprendem, como se desenvolvem profissionalmente, como articulam diferentes saberes no seu exercício profissional, como entende e supera o mal-estar docente durante esse percurso, sua aprendizagem para a docência, entre outras temáticas, ganhou espaço nas pesquisas educacionais no sentido de dar voz ao professor (GAIA; CESÁRIO; TANCREDI, 2007, p. 144). Nessa temática, foi que Lee Shulman desenvolveu boa parte de sua obra, visando melhorias no processo educacional. Entretanto, é bom salientar que Shulman possui trabalhos diversificados, em várias áreas.

Shulman atua envolvido em vários temas como processo de ensino-aprendizagem, formação de professores, base do conhecimento dos professores, educação médica, a instrução psicológica no ensino de ciências, matemática e medicina, sobre a lógica da

pesquisa educacional e a qualidade do ensino nas instituições de educação superior. Todos seus estudos têm, ao longo dos anos, enfatizado a importância do ensino enquanto propriedade comunitária (ibid, p.146). Destacamos em nosso trabalho as suas pesquisas sobre a base de conhecimento dos professores, ou mais propriamente, os conhecimentos docentes necessários ao professor em atividade, que se mobilizam em sua prática e que precisam ser entendidos e estudados como forma de produzir um professor autocrítico e que reflita sobre a sua ação.

Em relação aos conhecimentos que o professor necessita para docência e o processo como se constrói o conhecimento profissional podem-se obter os seguintes modelos: (1) a base de conhecimento para o ensino e o (2) processo de raciocínio pedagógico, que consideraremos a seguir (SHULMAN, 2004). A hipótese de Shulman é a de que os professores têm conhecimentos de conteúdos especializados, cuja construção são protagonistas, indicando então, que os professores devem possuir diferentes modalidades de conhecimentos, tais como, *conhecimento específico ou do conteúdo* sobre o qual irá ensinar, *conhecimento pedagógico* do conteúdo, ou seja, como irá ensinar o conteúdo e o *conhecimento curricular*, ou seja, o que é importante ensinar. Tais conhecimentos são revelados pelo professor de várias formas tais como proposições, casos e estratégias. O quadro 3 a seguir refere-se a primeira dimensão citada anteriormente, com relação as necessidades do professor para desempenha bem sua função.

QUADRO 3

Características sobre A Base de Conhecimento para o Ensino, segundo Shulman (1986, 1987)

A BASE DE CONHECIMENTO PARA O ENSINO (CARACTERÍSTICAS)
<ul style="list-style-type: none"> • Refere-se àquilo que o professor de Química deve saber de forma a ingressar na profissão com um repertório mínimo que lhe possibilite, a partir dele, novas construções e novos conhecimentos. • Envolve conhecimentos de diferentes naturezas, todos necessários e indispensáveis para a atuação profissional. • Torna-se mais aprofundada, diversificada e flexível a partir da experiência profissional refletida e objetivada. • Não é fixa e imutável. Implica construção contínua, já que muito ainda está para ser descoberto, inventado, criado. • Refere-se a um repertório profissional que contém categorias de conhecimento que subjazem à compreensão que o professor necessita para promover aprendizagens dos

continua

alunos (SHULMAN, 1986,1987).

- Suas categorias podem ser agrupadas em: *conhecimento do conteúdo específico, conhecimento pedagógico geral e conhecimento pedagógico do conteúdo.*

Fonte: Adaptado de Shulman (1986,1987)

conclusão

A partir do programa de pesquisa sobre a Base de Conhecimento para o Ensino, a pesquisa sobre o ensino passa a ter como foco a investigação dos saberes dos professores, saberes especializados, próprios da profissão e não questões relacionadas ao desempenho, eficiência e eficácia. Dessa forma, a questão dos saberes passa a ser vinculada à profissionalização docente, visto que cada categoria profissional detém determinados saberes que diferenciam os seus profissionais de outra categoria profissional (LIMA, 2007, p.92). Mas, quais as fontes para esta Base de Conhecimentos dos professores? Podemos apresentar quatro fontes, segundo Shulman (1987):

(1) A formação acadêmica na disciplina a ensinar: [...] está relacionado com o saber, a compreensão, as habilidades e as disposições que devem ser adquiridas pelos estudantes. Esse conhecimento se apóia em duas bases: (i) a bibliografia e os estudos acumulados em cada disciplina; e (ii) o saber acadêmico histórico e filosófico sobre a natureza do conhecimento nesses campos de estudo [...];

(2) Estruturas e materiais didáticos: Com o intuito de promover os objetivos da escolarização organizada são criados materiais e estruturas para o processo de ensino-aprendizagem [...];

(3) Literatura educativa especializada: Estaria relacionada à bibliografia acadêmica dedicada à compreensão dos processos de escolarização, ensino e aprendizagem [...];

(4) A sabedoria adquirida com a própria prática: Essa sabedoria está relacionada às máximas que guiam a prática dos professores competentes ou proporcionam a racionalização reflexiva para a prática. A investigação educativa junto aos professores é um importante meio de resgatar e compreender esses saberes.

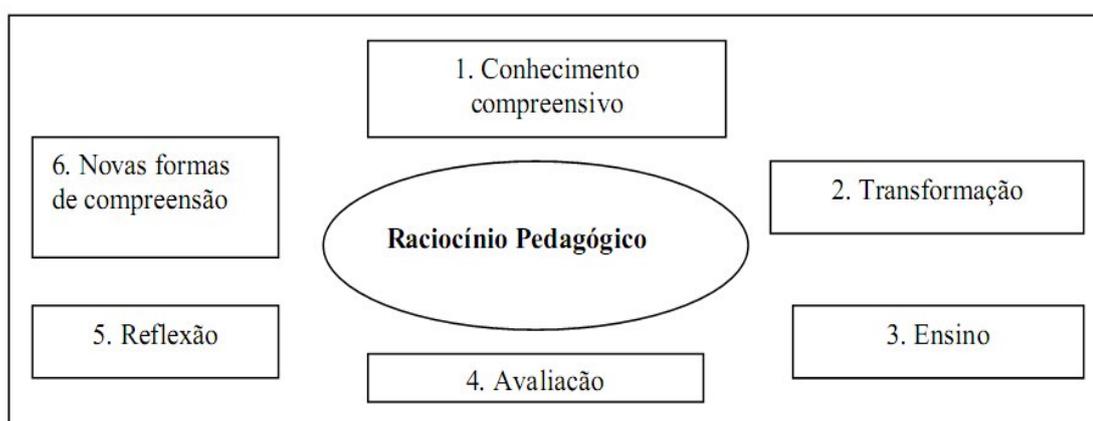
Observa-se então que estas quatro fontes de conhecimento permitem que o professor possa entender a sua profissão como mutável ao longo do tempo, pois os itens citados podem ser adquiridos a qualquer momento ou até, julgados em falta. É para tanto que existe a formação dos professores (inicial e continuada), para preencher alguma lacuna que tenha sido deixada em relação aos aspectos anteriormente citados. O segundo aspecto a discutirmos diz respeito ao *Raciocínio Pedagógico*, inerente a prática de todo professor.

O conceito de raciocínio pedagógico evidencia a base intelectual para o desempenho docente e não apenas as condutas desses. Levar em consideração esse conceito requer uma

revisão tanto na organização e nos conteúdos dos programas de formação dos professores quanto na definição de seus fundamentos acadêmicos. Nesse sentido, os programas de formação devem articular a atividade didática e a supervisão aos conteúdos das disciplinas, que permeiam, no currículo de formação, o conhecimento pedagógico do conteúdo (SHULMAN, 1987, apud LIMA, 2007, p.107).

O Raciocínio Pedagógico pode ser considerado em seis etapas, sendo que não necessariamente possuem uma ordem determinada. O quadro 4 a seguir resume tal processo:

QUADRO 4
Esquema para o Raciocínio Pedagógico



Fonte: Shulman (1987, p.15)

O quadro anterior indica que para o professor desenvolver o Raciocínio Pedagógico primeiro tem que compreender o conteúdo a ensinar, ou seja, precisa conhecer o conteúdo em si. Segundo, é necessária a transformação desse conteúdo para torná-lo didaticamente compreensível ao aluno. É nessa etapa que o professor precisaria mover seus conhecimentos didático/pedagógicos, pois envolve a transformação do conteúdo a ensinar, o que requer um planejamento. Então, o professor nessa etapa teria que fazer a preparação dos conteúdos a trabalhar, verificar como representar esses conteúdos para os alunos através de uma metodologia adequada a estes alunos e, se preciso for, fazer adaptações no sentido de permitir um acesso mais fácil dos alunos aos conteúdos que seriam trabalhados.

A avaliação seria o processo que aconteceria durante e após o processo de ensino. Incluiria então, o controle imediato da compreensão e interpretações errôneas, técnicas que um professor deve utilizar quando ensina de maneira interativa, além do sistema formal de avaliação. A revisão e análise crítica do desempenho do professor fundamentando suas explicações em evidências teriam lugar na etapa de reflexão, não consistindo em disposição individual ou reduzindo-se a um conjunto de estratégias, “mas estendendo-se ao uso de um

conhecimento analítico para examinar o próprio trabalho de acordo com os critérios estabelecidos” (LIMA, 2007, p.109). Na etapa final estaria envolvida a compreensão por parte dos alunos, e para o professor, de novas compreensões do *conhecimento base para os professores*.

Conduziremos estas observações de Shulman para a nossa compreensão de como os professores agem para explicar conteúdos tão abstratos como o de isomeria (3D) na química. Através da utilização dos modelos na forma de analogias, pudemos analisar casos relacionados com a prática docente comum de professores de Química, uma vez que as ações desses professores ocorrem, corriqueiramente, com a utilização dessas analogias. Como aporte teórico para análise de dados, utilizaremos como referencial alguns dos saberes necessários aos professores, apontados por Shulman. Vejamos como foi estabelecido o nosso campo metodológico.

2 METODOLOGIA

2.1 Considerações Iniciais

A presente pesquisa é norteada pelos pressupostos da abordagem qualitativa e pretende responder às questões relativas à prática de um grupo de professores de Química em exercício quanto a utilização de analogias como modelos didáticas no estudo da isomeria (3D). A abordagem metodológica utilizada é o *Estudo de Caso*, uma vez que se enquadra nos pressupostos que sustentam tal tipo de pesquisa.

A pesquisa qualitativa é mais indicada para as investigações de perspectiva interpretativa ou crítica. Este tipo de pesquisa ocupa um reconhecido lugar entre as várias possibilidades de se estudar os fenômenos que envolvem os seres humanos e suas intrincadas relações sociais, como se dá na educação. É um conceito “guarda-chuva” que envolve uma gama de técnicas e procedimentos interpretativos, que procuram essencialmente descrever, decodificar e traduzir o sentido (MERRIAM, 1998).

Ainda, segundo Merriam (1998, p. 6) “a pesquisa qualitativa pode ser classificada em cinco tipos: básica ou genérica, etnográfica, fenomenológica, grounded theory e estudo de caso”. Uma abordagem especialmente adequada quando procuramos compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores é o *estudo de caso*.

Sobre o estudo de caso, de acordo com Yin (1994), esta abordagem se adapta à investigação em educação, quando o investigador é confrontado com situações complexas, de tal forma que dificulta a identificação das variáveis consideradas importantes, quando o investigador procura respostas para o “como?” e o “por quê?”, quando o investigador procura encontrar interações entre fatores relevantes próprios dessa entidade, quando o objetivo é descrever ou analisar o fenômeno, a que se acede diretamente, de uma forma profunda e global, e quando o investigador pretende apreender a dinâmica do fenômeno, do programa ou do processo.

Ainda, Yin (1994) diz que o objetivo do estudo de caso é explorar, descrever ou explicar. O objetivo é relatar os fatos como sucederam, descrever situações ou fatos, proporcionar conhecimento acerca do fenômeno estudado e comprovar ou contrastar efeitos e relações presentes no caso. É importante ressaltar que o estudo de caso recebe, também, algumas críticas que servem para reflexão na utilização desse método de forma comedida.

Assim, o estudo de caso, enquanto plano de investigação, apresenta falta de rigor, no entanto há maneiras de evidenciar e validar a confiabilidade do estudo (ibid).

Pode-se buscar validar o estudo externamente e internamente. Externamente, buscando as generalizações possíveis e validar internamente através de triangulações relativas ao estudo. Portanto, o estudo de caso é também conhecido como uma estratégia de investigação de triangulação. Stake (1995) afirma que os protocolos que são utilizados para garantir a sua precisão e explicações alternativas são chamados triangulação.

A necessidade de triangulação surge da necessidade ética para confirmar a validade dos processos. Em estudos de caso, isto pode ser feito utilizando várias fontes de dados (Yin, 1984). Na intenção de permitir esta validade foi que foram escolhidos vários instrumentos e sujeitos de pesquisa, ou seja, três para investigação. A seguir descreveremos em detalhes nossos sujeitos de pesquisa.

2.2 O Contexto da Pesquisa

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) consiste em uma instituição de ensino em três modalidades, o médio, o técnico e o superior. No campus do IFPE o qual se escolheu os sujeitos de pesquisa, há o Curso Técnico em Química e a Licenciatura Plena em Química, entre outros. Um total de 12 professores de Química estão envolvidos nos processos de ensinar componentes curriculares relacionados com a Química nesses dois cursos. Nesse grupo de 12 professores a formação é diversificada, sendo que 6 são engenheiros, 5 são licenciados, e 1 é professor formado em química industrial e licenciatura em química. Desses, 5 são mestres, 4 são doutores, 1 é especialista e 2 têm apenas graduação.

Os alunos do Instituto Federal de Pernambuco (IFPE) são alunos oriundos, em sua maioria, da escola pública, uma vez que a formação técnica é muito procurada e que permite à esses alunos um acesso mais imediato ao mercado de trabalho. As turmas do curso técnico em Química apresentam em média 18 alunos e as turmas do curso de licenciatura apresentam em média 8 alunos. Na escolha dos nossos sujeitos de pesquisa, consideramos apenas 3 professores para participação levando-se em consideração a experiência profissional, a qualificação e o nível de ensino em que atuam naquela instituição. Tais critérios se justificam uma vez que fizemos um estudo de caso e queríamos uma “amostra” o mais heterogênea possível.

2.3 Considerações sobre os Sujeitos da Pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram selecionados entre os 12 professores de Química do IFPE, Instituto Federal de Pernambuco. São três professores de Química que lecionam nesse Instituto, os quais passaram a ser denominados de **P1**, **P2** e **P3**. Entre esses três professores, dois são Licenciados em Química, P1 e P2, um especialista e um mestre, e o terceiro, P3, é Engenheiro Químico, com doutorado. Todos possuem experiência em sala de aula. O quadro 5 a seguir apresenta algumas características desses docentes. Assim, com os perfis desses docentes, importantes para a compreensão dos sujeitos envolvidos na pesquisa, destacamos características que, de certa forma, têm influência no estudo outrora realizado.

QUADRO 5

Características dos professores envolvidos na pesquisa como sujeitos de pesquisa

Professor	Tempo de Ensino	Formação Acadêmica	Nível em que Atua
P1	29 anos	<ul style="list-style-type: none"> • Possui Licenciatura Plena em Química; • Possui Especialização no Ensino de Ciências. 	Ensino Médio e Técnico.
P2	13 anos	<ul style="list-style-type: none"> • Possui Licenciatura Plena em Química; • Possui Mestrado na área de Química Aplicada; • Faz doutorado na mesma área. 	Ensino Médio, Técnico e Superior: (Licenciatura em Química)
P3	15 anos	<ul style="list-style-type: none"> • É formado em Engenharia Química; • Possui Mestrado na área de Química Aplicada; • Possui doutorado na mesma área. • Fez pós-doutorado na mesma área. 	Ensino Médio, Técnico e Superior: (Licenciatura em Química)

Fonte: O Próprio autor

A escolha desses três docentes foi baseada nessas características, apresentadas por cada um, pois, são professores de química experientes, apresentam formações continuada diferentes, e as próprias formações iniciais em graduações diferentes, fato comum com relação aos professores das escolas de ensino técnico e superior. No entender de Triviños

(1987), a pesquisa qualitativa apresenta algumas características como, ambiente natural como fonte direta de dados e utilização de procedimentos descritivos da realidade estudada, entre outras. O que procuramos obter com a escolha desses três docentes para sujeitos de pesquisa, foi legitimar a pesquisa, tentando observar dentro de um mesmo grupo, uma amostra heterogênea, capaz de revelar pormenores da profissão de professor de química até então não observadas, alinhado com os pressupostos da pesquisa.

Ademais, o estudo de caso se caracteriza pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir conhecimento amplo e detalhado do mesmo (GIL, 1999). A análise de algumas unidades de determinado universo, no entender deste mesmo autor, possibilita a compreensão da generalidade dos objetos ou, pelo menos, o estabelecimento de bases para uma investigação posterior, mais sistemática e precisa. Dessa forma, pode-se deduzir que os nossos sujeitos de pesquisa se enquadram perfeitamente nessa abordagem, uma vez que suas atitudes representam as atitudes e destrezas de uma classe geral, a dos professores de Química.

Com o objetivo de achar as respostas para a nossa questão principal, procuramos escolher uma metodologia que esteja diretamente associada aos pressupostos dessa questão. Dessa forma, o caminho metodológico foi delineado de forma que as respostas já surgissem a partir de nossa categorização das falas desses docentes em sala de aula e após responderem as questões propostas. A seguir temos então o caminho metodológico.

2.4 Um Referencial Metodológico: O Modelo TWA (Teaching With Analogies)

A seguir fazemos uma descrição da metodologia TWA, que é um modelo didático para o ensino com a utilização racional das analogias. A utilização de analogias, como referencial metodológico, requer uma metodologia já desenvolvida e testada: escolhemos a metodologia TWA (Teaching With Analogies) porque os autores Harrison e Treagust (1993) a desenvolveram e testaram-na em sala de aula através da aplicação da TWA de forma sistemática, seguindo os passos propostos. Harrison e Treagust (1993) aplicaram a sistemática em sala de aula através de uma analogia simples entre a alteração no movimento de rodas que passam de uma folha de papel para um tapete, alterando a direção, e a refração da luz ao passar do ar para o vidro (ver fig. 4, p. 38). Os resultados mostraram que a utilização do ensino por analogia é válido, mas que o professor deve estar atento as prováveis distorções que possam aparecer entre o análogo e o alvo. É exatamente nesse instante que surge a observação crítica do docente, e isto está diretamente relacionado com a sua formação.

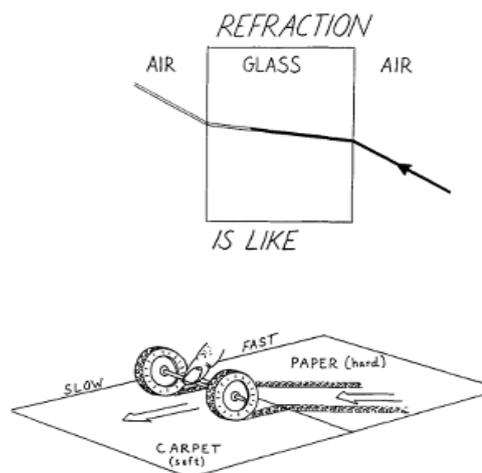


FIGURA 4: Refração da luz que passa do ar para o vidro é como um par de rodas enquanto rola obliquamente passando do papel para um tapete.

Fonte: (HARRISON; TREAGUST, 1993, p. 1295)

Levando-se em consideração que a pesquisa de Harrison e Treagust em linhas gerais é semelhante a nossa, pelo menos na metodologia, um estudo de caso também, é que dentre tantos outros modelos de ensino já citados com a utilização de analogias (p.21), escolhemos a TWA. Assim, segundo Harrison e Treagust (1993, p. 1293), “a natureza da pesquisa, sem qualquer tratamento controlado e pela forma como foi realizada, a abordagem de ensino analógico, indicando como ela foi eficaz para a compreensão dos alunos sobre o fenômeno, garantiram que o modo de pesquisa fosse à de um estudo de caso qualitativo”. Assim, faremos uso desta forma de se utilizar as analogias como aporte metodológico de nossa pesquisa.

De acordo com a TWA, modelo proposto por Glynn (1991) e depois modificado por Harrison e Treagust (1993, p. 1293) deve-se seguir seis passos no desenvolvimento do ensino com a utilização de analogias, que são:

Passo 1 - Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido. Fazer uma breve ou completa explicação dependendo de como a analogia será empregada.

Passo 2 - Sugerir aos estudantes a situação análoga. Mediante discussões estimar a familiaridade dos estudantes com o análogo.

Passo 3 - Identificar as características relevantes do análogo. Explicar o análogo e identificar suas características relevantes em uma profundidade apropriada com a familiaridade dos estudantes com o análogo.

Passo 4 - Mapear as similaridades entre alvo e análogo. Os alunos auxiliados pelo professor identificam as características relevantes do conceito-alvo e estabelecem as correspondências com as características relevantes do análogo.

Passo 5 - Identificar onde a analogia falha. Buscar concepções alternativas que os alunos possam ter desenvolvido. Indicar onde o análogo e o alvo não têm correspondência, apontando aos estudantes para desencorajar conclusões incorretas sobre o alvo.

Passo 6 - Esboçar conclusões sobre o alvo. Organizar um relato resumido sobre os aspectos importantes do assunto-alvo.

A associação entre os saberes mobilizados dos professores em sala de aula (transcrição das observações das aulas), com os passos da metodologia TWA, e as respostas das questões elaboradas (Apêndice), permitirá compreender a forma como os professores utilizam as analogias em suas aulas sobre isomeria (3D) e sinalizará aspectos de sua formação que ainda não foram desenvolvidos ou que estão aquém daqueles aspectos necessários para propiciar aos alunos em suas aulas, uma aprendizagem substancial e significativa.

A TWA nos servirá então, como instrumento referencial para categorização das falas transcritas das aulas dos professores e obtenção de respostas relativas às tipologias de modelos analógicos utilizados por esses em suas aulas, bem como, como fonte da caracterização de algumas características relacionadas aos seus saberes, os quais expressaremos com mais precisão após a análise do questionário.

Foi utilizado como quadro modelo para a associação entre as transcrições das falas dos professores e os passos da TWA, o quadro 6, na p. 41 a seguir. Os dados foram extraídos após análise das transcrições das falas desses professores, obtidas das aulas filmadas.

2.5 Os Instrumentos de Pesquisa e a Análise Empírico-Interpretativa

Na presente pesquisa foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados, que são:

- Observação das aulas dos professores em sala de aula, através da filmagem das aulas ministradas pelos professores sujeitos da pesquisa.
- Questionário Estruturado respondido pelos professores.

A aplicação desses dois instrumentos tem como objetivo permitir o confronto entre a prática de sala de aula e as ideias apresentadas pelos professores sobre a utilização de modelos didáticos, na forma de analogias, no ensino da isomeria (3D), revelando os saberes docentes mobilizados para tanto. A ordem cronológica na utilização desses instrumentos foi proposital,

pois, primeiro pretendemos observar as ações do professor em sala de aula, interligando a ação ao problema de pesquisa e extraíndo-se dados da prática cotidiana.

Após as transcrições dessas aulas, observadas para os três professores, recorreu-se a uma análise crítica preliminar, visando identificar pontos perceptíveis na busca das respostas do problema de pesquisa e então, elaborou-se o questionário estruturado, com o objetivo de complementar e fortalecer os dados outrora extraídos.

Analisar os dados coletados em uma pesquisa qualitativa representa obter significados após interpretação, sempre visualizando o problema de pesquisa (SERRANO, 1998). Na pesquisa qualitativa, a coleta e análise dos dados devem ser processos simultâneos e, portanto, fizemos uso dos seguintes momentos para proceder à análise dos dados coletados (CRESWELL, 2007):

- *Organização e preparação dos dados da análise:* após a observação das aulas dos professores **P1**, **P2** e **P3**, foram feitas a transcrição primeiramente, organizando segundo trechos que se relacionam com o referencial metodológico, a TWA (p. 38). A partir daí formaram-se seis quadros, sendo para cada professor um quadro referente às observações das aulas em função da TWA e outro, referente às respostas ao questionário.
- *Leitura atenta de todos os dados coletados, revendo os registros elaborados:* procuramos obter o sentido geral das informações coletadas, buscando elaborar uma reflexão sobre o sentido global do que foi coletado em relação ao problema da pesquisa;
- *Análise dos dados:* procedemos ao estudo detalhado dos dados, tais como se mostraram em seu conteúdo manifesto (análise empírica), procurando, na diversidade dos dados obtidos, significados a partir da nossa percepção e dos referenciais teóricos da pesquisa (interpretação).

Após organizarmos os dados passamos a atribuir significados, triangulando com alguns autores, estabelecendo um diálogo, portanto, entre os dados coletados, a revisão bibliográfica e a visão do pesquisador. Na concepção de Minayo (2003) trata-se, portanto, de uma análise *empírico-interpretativa*.

Apresentamos a seguir mais detalhes sobre os instrumentos de pesquisa utilizados, os quais reforçarão a nossa pesquisa no que concerne à atuação neutra do pesquisador, que é professor de Química, e que utilizou o problema de pesquisa como fonte referencial para buscar explicações relacionadas a um conteúdo de um componente curricular de importância na química, a isomeria (3D).

2.5.1 Observações das Aulas

“A observação é uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 189). Na nossa pesquisa, utilizou-se uma **máquina de filmagem** para observação das aulas por um agente terceiro, que não era professor de Química, com o objetivo de evitar a influência dos pares, o que poderia contaminar os dados a serem observados.

Os professores P1, P2 e P3 ministraram aulas, duas no total para cada um, de isomeria (3D) dividindo o conteúdo da forma como está indicado na tabela 1 abaixo:

TABELA 1
Conteúdos vivenciados nas aulas dos professores P1, P2 e P3

Professor	1ª aula/45 minutos	2ª aula/45 minutos
P1	Isomeria Geométrica	Isomeria Ótica
P2	Aspectos relacionados com a luz	Isomeria Ótica
P3	Isomeria Geométrica	Isomeria Ótica

Fonte: O Próprio autor

Para análise das explicações e “modos de apresentar” o conteúdo, procedeu-se, também, a construção do quadro 6, baseado na fala dos professores P1, P2 e P3 em suas práticas de sala de aula, as quais foram transcritas.

QUADRO 6

Modelo de quadro para a associação dos comentários dos professores em ação, na sala de aula, com relação a aplicação da metodologia TWA no ensino de isomeria (3D)

Observação das	Recortes das falas	Recortes das falas	Recortes das falas
-----------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

continua

transcrições das aulas ministradas relacionadas ao:	Professor P1	Professor P2	Professor P3
Passo 1 Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido			
Passo 2 Sugerir aos estudantes a situação análoga			
Passo 3 Identificar as características relevantes do análogo			
Passo 4 Mapear as similaridades entre alvo e análogo			
Passo 5 Identificar onde a analogia falha.			
Passo 6 Esboçar conclusões sobre o alvo			

Fonte: O Próprio autor

conclusão

Após a formação do quadro anterior (quadro 6) para os três professores, P1, P2 e P3, procederam-se as análises das transcrições das falas e formulou-se o questionário (Apêndice), utilizando a análise empírico-interpretativa e com foco principalmente na formação desses docentes, uma vez que as aulas em si trouxeram subsídios relevantes com relação aos modelos didáticos na forma de analogias mas foram ineficientes para obtenção de algumas respostas com relação a formação desses professores. A elaboração de cada questão foi justificada posteriormente.

Em seguida o questionário foi aplicado, na ausência do pesquisador, evitando qualquer interferência. Posteriormente, procedeu-se a análise para cada professor como descrita a seguir.

2.5.2 Questionário Estruturado

O questionário estruturado trata-se de um questionário que aborda os temas envolvidos na pesquisa e suas relações. Segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 200), “questionário é um instrumento de coleta de dados, constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador”. O questionário é do tipo estruturado, objetivando a obtenção de respostas o mais precisas possível no que concerne ao objetivo da pesquisa, como estabelece Lakatos e Marconi (2003, p. 201):

- a) seja conduzido a responder pelo interesse despertado, sendo as perguntas atraentes e não controvertidas;
- b) seja levado a responder, indo dos itens mais fáceis para os mais complexos;
- c) não se defronte prematura e subitamente com informações pessoais-questões delicadas devem vir mais no fim;
- d) seja levado gradativamente de um quadro de referência a outro - facilitando o entendimento e as respostas.

O questionário foi elaborado pelo pesquisador (Apêndice), visando suprir lacunas deixadas nas observações das aulas, e foram entregues aos sujeitos de pesquisa para que em um prazo de até 24 h os devolvessem respondidos. Por se tratar de um questionário estruturado, procurou-se elaborar as questões concatenando aos objetivos da pesquisa, buscando-se extrair respostas não obtidas na análise das transcrições das observações das aulas já analisadas ou com o objetivo de reforçar respostas já compreendidas na análise preliminar ou que as complementassem. Após o recolhimento dos questionários respondidos pelos professores P1, P2 e P3, os dados foram analisados através da seguinte metodologia.

- *Leitura atenta de todos os dados coletados, revendo os registros elaborados:* procuramos obter o sentido geral das informações coletadas, bem como das percepções do pesquisador, buscando elaborar uma reflexão sobre o sentido global do que foi coletado em relação ao problema da pesquisa;

- *Análise dos dados*: procedemos ao estudo detalhado os dados, tais como se mostraram em seu conteúdo manifesto (análise empírica), procurando, na diversidade dos dados obtidos, significados a partir da percepção do próprio pesquisador e dos referenciais teóricos da pesquisa (interpretação).

Assim, procedeu-se:

- Extraíram-se das respostas obtidas, através de observação analítica dessas, pontos relativos ao processo de ensino por analogias, identificando nas respostas as analogias utilizadas e os pontos relativos aos saberes docentes.
- O objetivo é identificar a utilização de um modelo didático, associado às analogias, mesmo de forma inconsciente pelo professor. Há uma relação dessa utilização inconsciente das analogias e os saberes que o professor experiente adquiriu ao longo do tempo.

Obteve-se então o quadro 7, o qual é o quadro modelo que apresentará as repostas dadas pelos professores às questões que foram propostas para análise posterior, relacionando-as com as analogias e os saberes docentes.

QUADRO 7

Modelo de quadro para análise das respostas ao questionário dadas pelos professores P1, P2 e P3

Questão Proposta	Resposta de P1	Resposta de P2	Resposta de P3
<i>Questão 1</i>			
<i>Questão 2</i>			
<i>Questão 3</i>			
<i>Questão 4</i>			

continua

<i>Questão 5</i>			
------------------	--	--	--

Fonte: O Próprio autor

conclusão

2.6 Critérios para Análise dos Resultados

Para validar a credibilidade das nossas interpretações, recorreu-se a um ou a vários “protocolos de triangulação”. Segundo Denzin (1984), identificam-se quatro tipos de triangulação:

- (i) triangulação das fontes de dados, em que se confrontam os dados provenientes de diferentes fontes;
- (ii) triangulação do investigador, em que entrevistadores/observadores diferentes procuram detectar desvios derivados da influência do fator “investigador”;
- (iii) triangulação da teoria, em que se abordam os dados partindo de perspectivas teóricas e hipóteses diferentes;
- (iv) triangulação metodológica, em que para aumentar a confiança nas suas interpretações o investigador faz novas observações diretas com base em registros antigos, ou ainda procedendo a múltiplas combinações “inter metodológicas” (aplicação de um questionário e de uma entrevista semi estruturada etc.).

Após a obtenção das duas classes de dados, que são as observações das aulas e os questionários, que se encontram nos quadros 9 a 14, procedeu-se a análise desses dados e obteve-se um “novo” quadro (quadro 16, p. 70), derivado dos anteriores, mas que serviu como comparativo dos dados anteriormente obtidos e procederam-se as discussões pertinentes. Aplicaram-se, de acordo com Denzin (1984), os métodos de triangulação (i) e (iv) citados anteriormente, para a construção do quadro 16.

Finalmente, utilizaram-se as conclusões obtidas no quadro comparativo (quadro 16) para análise e discussão dos conhecimentos mobilizados pelos professores, segundo Shulman (1986, 1987), o qual foi o nosso *segundo referencial metodológico* para a análise dos dados, indicados no quadro 8, a seguir, que são: *conhecimento do conteúdo, pedagógico do conteúdo e curricular*. Tais conhecimentos foram escolhidos como critérios para análise e discussões,

levando-nos as conclusões sobre as necessidades dos saberes necessários a formação dos docentes.

QUADRO 8

Quadro para análise referente aos conhecimentos do professor segundo Shulman (1986)

Conhecimentos dos professores (Shulman, 1987)	Professor P1	Professor P3	Professor P3
<p>1 – Do Conteúdo Relaciona-se com o conteúdo em si, sua evolução histórica, suas particularidades e representações possíveis.</p>			
<p>2 – Pedagógico do Conteúdo Espécie de amálgama entre o conhecimento da matéria e a pedagogia, constituindo uma esfera exclusiva dos professores, sua forma especial de compreensão profissional.</p>			
<p>3 – Curricular Dá uma especial ênfase aos materiais e programas que servem como <i>ferramentas para o ofício</i> do professor.</p>			

Fonte: Lima (2007, p. 102)

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Dados Obtidos das Observações das Aulas

A partir das transcrições das falas dos professores em ação, na sala de aula, obtiveram-se os quadros seguintes para cada professor. Procedeu-se a leitura analítica dessas falas, obtidas a partir das transcrições, para elaboração dos quadros.

Procurou-se inserir trechos de fala que se enquadrem nas categorias estabelecidas pela TWA, que servem como referências para análise. O encaixe dos trechos deu-se após leitura exaustiva e analítica, segundo a análise empírico-interpretativa (MINAYO, 2003). Em seguida, procedeu-se a análise e discussão.

3.1.1 Categorização das Falas do Professor P1 – Observação das Aulas

O professor P1 apresentou uma aula essencialmente “tradicional”, segundo Echeverria et al, (2006, p. 308), indicado na página 16, com algumas analogias utilizadas como modelo didático, o que é absolutamente normal nas aulas de ciência. A seguir, no quadro 9, apresentamos os recortes das falas desse professor, referente as transcrições das falas, inseridos de acordo com as categorias de falas analisadas.

QUADRO 9

Categorização das falas do professor P1 a partir da transcrição das aulas dadas em sala de aula

Observação das transcrições das aulas ministradas relacionadas ao:	Recortes das falas Professor P1
Passo 1 Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido	<i>[...] Então nós vamos ver inicialmente a isomeria geométrica em compostos com ligação dupla. Vamos primeiro investigar a rotação impedida ao longo da ligação dupla entre carbonos. Trouxe aqui, algumas moléculas pra gente fazer um experimento aqui, e eu mostrar pra vocês aqui (“prof. segura os modelos nas mãos”).</i>
Passo 2 Sugerir aos estudantes a situação análoga	<i>O presente modelo aqui, modelo de moléculas (“segura nas mãos”) é semelhante a esse aqui (“figura no quadro”). Ora, será que eu posso rotacionar, você percebe que é fácil, você pode rotacionar esses átomos em torno dessa ligação simples, ela permite a rotação! (“segura os modelos e mostra”)</i>
Passo 3 Identificar as	<i>Então eu posso dizer que essa molécula é igual a esta, ou seja, nós temos aqui a mesma molécula. OK! Então primeiro observamos esta rotação. Agora vamos ver uma outra situação em que eu tenho uma ligação dupla entre carbonos. Observe, eu posso rotacionar, nesses dois modelos aqui, esses dois átomos nesse modelo</i>

continua

características relevantes do análogo	<i>aqui? Não dá!</i>
Passo 4 Mapear as similaridades entre alvo e análogo	<i>Vocês observam que eu tenho aqui, duas estruturas que representam a mesma fórmula molecular, a mesma massa molar, cinquenta e sete gramas por mol, só que eles apresentam ...ó o ponto de fusão dessa substância aqui!!</i>
Passo 5 Identificar onde a analogia falha.	<i>Inconclusivo: Não foi possível tirar conclusões uma vez que o professor não utilizou as analogias de forma racional e, portanto, não houve uma discussão crítica sobre alguma restrição envolvendo as analogias.</i>
Passo 6 Esboçar conclusões sobre o alvo	<i>Olha! Em algumas balas que imitam o sabor das frutas ácidas, é comum encontrarmos no rótulo a informação que contenha acidulante, esse código industrial designa uma substância conhecida como ácido o que? fumárico, nome trivial do isômero trans do ácido butenodioico. Represente a estrutura desse isômero, trans-butenodioico. Olha gente, vamos lá! (faz a estrutura no quadro)</i>

Fonte: O Próprio autor

conclusão

Análise e discussão:

O professor P1 introduz o conteúdo a ser estudado, ou seja, a isomeria (3D), no caso específico a isomeria geométrica, fazendo Menção a utilização de modelo moleculares concretos que utilizará inicialmente como análogo (WU et al, 2001; HOFFMAN e LAZLO, 1991). Os alunos observaram algumas operações executadas com tais modelos. Esta passagem fica clara no trecho descrito no *passo 1*. A comprovação que os modelos de moléculas são o análogo se dá no *passo 2* com a seguinte fala do professor: [...] *é semelhante a esse aqui [...]*.

Acrescentou “figuras ao quadro”, como complemento do análogo ou uma nova analogia. Para o professor P1, mesmo de forma inconsciente, este, de certa forma, segue um caminho relacionado aos *passos 1 e 2* da TWA, utilizando modelos moleculares concretos e figuras de moléculas no quadro como análogo e utilizando mais de uma analogia (múltiplas analogias). No *passo 3* o professor vislumbra uma operação, “*girar os carbonos ligados por dupla ligação*”, objetivando fortalecer uma característica que as moléculas reais possuem, a da impossibilidade da rotação entre estes átomos de carbono, fato importante para compreensão da isomeria geométrica. Segundo Gilbert e Boulter (1995), um modelo também pode representar apenas um evento ou apenas uma ideia, e, é este evento que está explicitado na fala do professor: *o evento, girar*.

As similaridades entre análogo e alvo estão indicadas quando o professor discute com os alunos a obtenção de algumas propriedades físicas, propriedades estas que podem ser obtidas pela avaliação da estrutura molecular (alvo), mas utilizando o análogo – *passo 4*. Neste momento, percebemos que não há preocupação nenhuma nas falas do professor com relação às divergências que possam o análogo apresentar com relação ao alvo. O professor tratou, de certa forma, o análogo como o próprio alvo. Isto é um reflexo do não cumprimento do *passo 5*, o qual é *inconclusivo*.

Veremos ao longo das análises que os professores (P1, P2 e P3) não têm a preocupação em discutir criticamente a analogia com relação ao alvo, fato relacionado ao uso espontâneo ou inconsciente destas. Segundo Ferraz e Terrazan, (2003, p. 215),

[...] os autores colocam que a melhor solução para a utilização de analogias, seria introduzir, aos professores e autores, uma estratégia para o uso dessas, sistematicamente, para explicar conceitos fundamentais de maneira que se tornem significativos para os estudantes. Esta é uma das perspectivas desta pesquisa.

Finalmente, as conclusões sobre o alvo ficam evidentes no *passo 6*, quando o professor cita uma substância do cotidiano e sugere aos estudantes que construam sua estrutura no quadro:

P2 - *Em algumas balas que imitam o sabor das frutas ácidas, é comum encontrarmos no rótulo a informação que contenha acidulante{...}.*

Assim, ele está avaliando se a analogia feita por ele surtiu efeito, o que só pode ser comprovado após o estudante realizar um experimento construtivo das moléculas: o professor disse [...] *represente a estrutura [...]*. Segundo Harrison e Treagust (1994), o uso de cada passo da TWA é importante, mas a ordem em que são usados depende do estilo de cada professor, da particularidade de cada conceito científico e do análogo que está sendo usado, como nesse caso.

Estes autores concluem que, para um ensino-aprendizagem efetivo com analogias, esta deve conter três passos ativos que são:

- 1) assegurar que o professor e o aluno visualizem o análogo de forma congruente;
- 2) desenvolver os atributos de forma plausível de modo a elucidar o conceito alvo e
- 3) identificar claramente para os alunos os atributos não compartilhados.

Os seis passos descritos para a TWA estão correlacionados com estes três momentos. Portanto, percebeu-se o empenho que o professor P1 apresentou na explicação e explanação do conteúdo de isomeria (3D). Analogias e os **modelos analógicos** são populares em ciências, pois auxiliam a comunicação e o entendimento de problemas (JUSTI; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2006).

Os modelos apresentados, os quais podem ser observados nas falas e “modos de agir” do professor P1 em sala de aula, conforme observações foram:

- (i) **Modelo analógico concreto**³ – conhecido como modelo de bolas para as moléculas, servem para demonstrar o tamanho relativo dos átomos (bolas de tamanhos e cores diferentes) e as ligações entre estes – o professor explica os detalhes como se estivesse segurando a própria molécula;

P1: Trouxe aqui, algumas moléculas pra gente fazer um experimento aqui, e eu mostrar pra vocês aqui!! (“prof. segura os modelos nas mãos”)

- (ii) **Modelo analógico operacional**⁴ – quando o professor sugere realizar uma operação que até então o aluno não imaginava que fosse possível para uma molécula (girar um átomo em função do outro); na operação o professor utiliza uma estrutura análoga, ou uma figura análoga ou uma imagem que passou a ser o análogo.

P1: Então vocês notam que essa estrutura é uma estrutura saturada, ou melhor, só apresenta ligações simples entre carbonos. O presente modelo aqui, modelo de moléculas (“segura nas mãos”) é semelhante a esse aqui (“figura no quadro”). Ora, será que eu posso rotacionar? você percebe que é fácil, você pode rotacionar esses átomos em torno dessa ligação simples, ela permite a rotação! (“Prof. segura os modelos e mostra”)

- (iii) **Modelo com múltiplas analogias**⁵ – quando o professor faz uso de várias analogias para conseguir explicar determinado conteúdo.

Lembremos que em ciência devemos considerar modelos não só como representação de objetos, mas também de eventos, processos ou ideias (GILBERT; BOULTER, 1995). A maioria dos professores e autores de textos didáticos utiliza as analogias de forma

³ Esta denominação para o autor significa um modelo concreto baseado em analogia, como indicado em Justi, Mendonça e Oliveira (2006);

⁴ Esta denominação para o autor significa um modelo baseado em uma operação realizada utilizando-se uma analogia (ibid);

⁵ Esta denominação é própria do autor e significa um modelo baseado em várias analogias (ibid);.

inconsciente, ou seja, eles o fazem automaticamente. O uso não sistematizado destes recursos didáticos, geralmente pode causar confusões e levar a gerar concepções alternativas nos alunos. “A distinção entre o conceito alvo e análogo, exemplos do conceito e as características do conceito se tornam obscuros na cabeça dos estudantes” (FERRAZ; TERRAZAN, 2003, p. 215).

Entretanto, consciente ou inconscientemente, professores e autores usam e usarão analogias durante suas explicações. Uma estratégia para evitar que o uso de analogias falhe é a utilização do modelo TWA.

Dessa forma, reflete-se então nas estratégias utilizadas pelo professor P1, a questão de sua formação, uma vez que suas atitudes são reflexos de suas vivências como professores que são, pois, lembremos que uma das fontes de conhecimento apontadas por Shulman (1987), é o saber adquirido com a própria prática e este saber está relacionado às máximas que guiam a prática dos professores competentes ou proporcionam a racionalização reflexiva para a prática e a investigação educativa junto aos professores, e esta é um importante meio de resgatar e compreender esses saberes (p. 41), que é um dos objetivos dessa pesquisa.

3.1.2 Categorização das Falas do Professor P2 – Observação das Aulas

O professor P2 também apresentou uma aula essencialmente “tradicional”, segundo Echeverria et al, (2006, p. 308), indicado na página 16, mas utilizando menos as analogias em suas explicações, diferentemente do professor P1. A seguir, no quadro 10, apresentamos as categorias a partir dos recortes das falas desse professor, recortes estes extraídos das falas transcritas.

QUADRO 10

Categorização das falas do professor P2 a partir da transcrição das aulas dadas em sala de aula

Observação das transcrições das aulas ministradas relacionadas ao:	Recortes das falas Professor P2
<p>Passo 1 Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido</p>	<p><i>É o seguinte pessoal lembra, na primeira parte a gente estudou a parte de isomeria geométrica ta? Agora a gente vai passar para isomeria óptica que também é outro tipo de isomeria espacial. Oh gente, quando a gente trata de isomeria óptica ta, totalmente a gente tem que falar um pouco sobre luz.</i></p>

continua

<p>Passo 2 Sugerir aos estudantes a situação análoga</p>	<p>[...] Então se você conseguisse vê um feixe de luz de frente você conseguiria vê algo mais ou menos assim, ou seja, vários planos perpendiculares entre si.</p>
<p>Passo 3 Identificar as características relevantes do análogo</p>	<p>[...] Mais a gente fala que uma substancia é opticamente ativa quando essa substancia ela é capaz de desviar o plano da luz polarizada, ou seja, se essa substancia ela desvia o plano da luz polarizada para o lado direito, ela recebe o nome de isômero dextrógiro. Se ela desvia o plano da luz polarizada para outro sentido ela vai receber o nome de outro isômero levógiro, ou seja, o plano da luz polarizada ela pode ser desviada para dois lados ta?</p>
<p>Passo 4 Mapear as similaridades entre alvo e análogo</p>	<p><i>Inconclusivo:</i> Nesse caso o professor não se preocupou em fazer tal mapeamento em momento algum, se restringindo a apresentação das analogias como que representassem o próprio alvo.</p>
<p>Passo 5 Identificar onde a analogia falha.</p>	<p><i>Inconclusivo:</i> Não foi possível tirar conclusões uma vez que o professor não utilizou as analogias de forma racional e, portanto, não houve uma discussão crítica sobre alguma restrição envolvendo as analogias.</p>
<p>Passo 6 Esboçar conclusões sobre o alvo</p>	<p>[...] A gente fala que uma substancia ela é opticamente ativa, quando ela possui um carbono, onde esse carbono é chamado de carbono quiral ou estereocentro tanto faz um nome ou outro. Bom, o que é o carbono quiral? Vamos lembrar aqui. Carbono ele faz quantas ligações? Quatro. Veja o que é o carbono quiral, faz quantas ligações? Quatro.</p>

Fonte: O Próprio autor

conclusão

Análise e discussão:

O professor P2 introduz o conteúdo a ser estudado, o de isomeria (3D), mais precisamente a isomeria ótica, fazendo menção à utilização de um conhecimento prévio, o conhecimento do que é a luz – *passo 1*. Já o *passo 2* da metodologia TWA o professor apresenta-o, não para o conceito alvo, que é a isomeria (3D) e sim para o conhecimento da luz comum, simbolizando que a luz é análoga a vários planos em sua propagação. Para o estudo da isomeria (3D), o professor P2 certamente não fez uma boa introdução, uma vez que abordou um conceito alternativo, porém, adicional ao conceito de isomeria (3D). Trata-se de um conceito complementar, necessário, ao se estudar a isomeria (3D).

O *passo 3* da metodologia TWA é contemplado quando o professor apresenta uma característica importante da isomeria ótica:

P2 disse: [...] *substância, ela é capaz de desviar o plano da luz polarizada* [...].

Embora tenha começado a aula referindo-se a luz, análoga a um feixe de raios paralelos, apresentou uma propriedade relativa aos isômeros óticos, ou seja, desvio do plano da luz polarizada. Podemos utilizar isto como uma característica relevante do análogo, a luz, pois o desvio da luz polarizada serviria para diferenciar os isômeros óticos. Os *passos 4 e 5* são inconclusivos pois não identificou-se trechos de fala que possam ser associados.

O *passo 6* da metodologia é identificado quando o professor utiliza o modelo de carbono quiral, semelhante à mão, para a explicação, através de uma demonstração do significado de tal carbono. Nesse momento este tira conclusões relativas ao estudo em questão e destaca a importância da quiralidade na isomeria (3D), especificamente a isomeria ótica.

Este fato é observado nas falas do professor P2, mesmo de forma inconsciente utiliza-se do análogo para explicação de uma propriedade apresentada pelas substâncias, à isomeria (3D).

Destaca-se em nossas observações sobre a atuação do professor P2, a não análise crítica do uso das analogias, pois mesmo de forma inconsciente, este poderia ainda assim ser cauteloso, uma vez que de acordo com Duarte (2003), a analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, podendo não ocorrer um raciocínio analógico, a analogia pode não ser reconhecida como tal e apenas os aspectos positivos podem ser considerados. Foi exatamente por estes motivos, que os *passos 4 e 5* foram considerados inconclusivos para as ações e falas deste professor.

Diante dos mesmos pressupostos da página 56, os modelos apresentados, são os seguintes:

(i) **Modelo analógico concreto** – quando o professor explica o que é carbono quiral, este utiliza as moléculas no quadro e o modelo de bolas;

*P2: Veja o que é o carbono quiral, faz quantas ligações? [...] Pra esse carbono ele ser quiral eu tenho que ter esse substituto de A, diferente de B, diferente de C, diferente de D. Tudo bem? Como exemplo essa molécula aqui ô. Que é a molécula do ácido láctico.
("professor segura modelos de bolas e mostra". Também mostra no "quadro")*

(ii) **Modelo com múltiplas analogias** – quando o professor faz uso de várias analogias para conseguir explicar determinado conteúdo, que no caso ocorre

quando o mesmo refere-se a luz: - luz como feixe de raios; - utiliza folha de papel para explicar a assimetria; - carbono quiral é aquele semelhante à mão.

P2: O que significa ela ser assimétrica? Ela vai pela simétrica, ou seja, se você perceber ta?, essa folha aqui se ela tivesse todo branco ela aparenta simetria né? Ou seja, se eu rasgo ela no meio, essa parte é igual a essa aqui. (“professor segura uma folha de papel e mostra”)

As falas transcritas revelaram que o professor P2, mesmo sendo licenciado, apresenta consigo lacunas relacionadas às bases de conhecimento para a docência segundo Shulman (1987). Uma das questões destacadas por este autor, diz respeito às fontes necessárias para o professor adquirir conhecimento para a docência e, nesse momento, chamamos a atenção para *a formação acadêmica na disciplina a ensinar*, a qual está relacionada com o saber, a compreensão, as habilidades e as disposições que devem ser adquiridas pelos estudantes em sua formação (professores). Este conhecimento se apóia em duas bases: (1) a bibliografia e os estudos acumulados em cada disciplina; e (2) o saber acadêmico histórico e filosófico sobre a natureza do conhecimento nesses campos de estudo (p. 41).

Isto fica caracterizado na aula do professor P2, uma vez que este ministrou uma aula desprovida de contextualização, ausência da interdisciplinaridade e a utilização dos conhecimentos prévios dos alunos, que em momento algum foi destacado. Percebemos isto, por exemplo, nos trechos de falas transcritas:

- *É o seguinte pessoal lembra, na primeira parte a gente estudou [...] Agora a gente vai passar para isomeria óptica [...] a gente tem que falar um pouco sobre luz.* (relacionado ao passo 1)
- *[...] Então se você conseguiu vê um feixe de luz,[...]* (relacionado ao passo 2)
- *Mais a gente fala que uma substancia é opticamente ativa quando essa substancia ela é capaz de desviar o plano da luz polarizada, ou seja, se essa substancia ela desvia o plano da luz polarizada* (relacionado ao passo 3).

A expressão “*lembra*” grifada anteriormente, nos reporta ao fato que o professor deixa de apresentar o saber acadêmico, histórico e filosófico sobre a natureza do conhecimento nesses campos de estudo, conforme Shulman (1987). Isto ocorre porque não há a preocupação da contextualização, da inserção histórica do conteúdo. Também, o conhecimento pedagógico do conteúdo é demonstrado de forma segmentar, uma vez que o professor P2 não apresenta a preocupação em utilizar alguma estratégia para obter dos alunos respostas satisfatória sobre os pré-requisitos do conteúdo a estudar, o que seria necessário

para o ensino da isomeria (3D). *O professor ensina sem conhecer o que os alunos sabem, quais são as suas deficiências ou que conhecimentos trazem consigo.*

3.1.3 Categorização das Falas do Professor P3 – Observação das Aulas

O professor P3 também apresentou uma aula essencialmente “tradicional”, de acordo com Echeverria et al, (2006, p. 308), indicado na página 16. A seguir, no quadro 11, apresentamos os recortes das falas desse professor, retiradas das transcrições de suas aulas e que foram inseridas segundo as categorias de análise descritas anteriormente.

QUADRO 11

Categorização das falas do professor P3 a partir da transcrição das aulas dadas em sala de aula

Observação das transcrições das aulas ministradas relacionadas ao:	Recortes das falas Professor P3
<p>Passo 1 Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido</p>	<p><i>[...] É o seguinte, primeiro vamos fazer uma revisãozinha sobre isomeria. O que é isomeria? Será que vocês estão lembrados o que é isso mesmo? O que é que são isômeros? Alguém sabe? Como é? [...]</i></p>
<p>Passo 2 Sugerir aos estudantes a situação análoga</p>	<p><i>[...] a isomeria que é dita espacial gente, aí o nome já ta dizendo a gente só consegue identificar os isômeros se a gente estruturar no espaço como é que estão ligados os átomos entre si, né? Aqui a gente não ta vendo como é que essa molécula é tridimensionalmente a gente ta vendo apenas uma linha só mais a gente sabe que na verdade a estrutura orgânica é bem mais complicada do que isso ela tem uma geometria tridimensional. E aí a partir dessa geometria tridimensional a gente consegue identificar as isomerias espaciais. Tranquilo isso, até agora? Quantas isomerias espaciais nós temos, seriam isomeria geométrica, será que vocês lembram disso aqui? [...]</i></p>
<p>Passo 3 Identificar as características relevantes do análogo</p>	<p><i>[...] Vamos pegar o $\text{CH}_2\text{...CH}_3$ aqui em cima, Hidrogênio em baixo, outro CH_3 aqui e um Hidrogênio aqui, beleza? Bem quando desenha uma estrutura dessa maneira ele quer que concentre o carbono com dupla ligação. Carbono que tem dupla ligação, uma dupla e duas ligações simples vocês lembram qual é a ligação dele? A ligação dos carbonos é sp^2, os dois carbonos são sp^2, né? E aí quando esse carbono ta com essa ligação a geometria espacial mesmo desse carbono ela é uma geometria trigonal plana, ou seja, isso aqui é um triangulo, vou desenhar aqui, né? [...]</i></p>
<p>Passo 4 Mapear as similaridades entre alvo e análogo</p>	<p><i>[...] E aí o que acontece nesse caso, nos temos uma coisa bem particular aqui, esses quatro ligantes do carbono CH_3, hidrogênio, cloro e hidroxila eles são poucos o que? Poucos diferentes, né? Tudo aqui tá diferente né? Só tem o carbono no centro e tudo que tá ligado a ele é diferente. Então logo, essa estrutura, não sei se vocês lembram mais quando a gente coloca ligação desse jeito aqui ô, com esse triangulozinho cheio, essa estrutura tá indicando que essa ligação esse desenho aqui, essa ligação é como se ela tivesse apontando para fora do quadro, tranquilo? Como se fossemolécula aqui, olha o carbono no centro que é esse aqui nessa bolinha preta, esse é igual ao sigma quando ele ta ser por exemplo essa bolinha verde que tá apontando para fora tranquilo?</i></p>

continua

	<p><i>Você vai colocar assim, então o carbono é o pretinho, o azulzinho seria esse cloro, o hidrogênio seria o branco e o verde a hidroxila que tá apontando para fora do quadro. Enquanto que o CH₃ a gente desenha com esse, esse formato aqui triangular com essas linhas a gente diz que o CH₃ tá apontando para dentro do quadro né?</i></p> <p><i>Como essa bolinha vermelha que tá para dentro. Tranquilo isso? Como se fosse uma folha de papel aqui, tá para dentro da folha outro para fora da folha. Tranquilo? Então essa isomeria, veja, desculpe. Essa geometria tridimensional pode gerar o que a gente chama de isomeria óptica. Veja só, esse aqui é mais complicadinho. Essa molécula tá aqui desenhada, já vou fazer assim, eu vou desenhar uma coisa que parece ser igual a essa primeira, mais não é bem assim, veja. Vou manter o hidrogênio aqui em cima, hidrogênio, o cloro eu vou manter aqui desse lado. Quando a gente desenha lembrando a linha normal da ligação, significa que essa ligação tá aqui entrando no quadro mesmo. Ai eu desenho agora uma molécula, um pouco para fora do quadro, aqui, com esse triangulo cheio aqui, né? Ai eu vou trocar, aqui tinha hidroxila aqui eu vou colocar o CH₃ para frente. CH₃, e do outro lado lá, pra dentro do quadro, pra trás do quadro. Aqui, nos temos a, o que? Troquei com quem? Hidroxila né? Troquei. Beleza?</i></p>
<p>Passo 5 Identificar onde a analogia falha.</p>	<p><i>Inconclusivo: Não foi possível tirar conclusões uma vez que o professor não utilizou as analogias de forma racional e, portanto, não houve uma discussão crítica sobre alguma restrição envolvendo as analogias.</i></p>
<p>Passo 6 Esboçar conclusões sobre o alvo</p>	<p>Trecho 1: <i>Então essa molécula ela é polar. Enquanto que essa outra aqui, é o que? Apolar, muito bem. Essa aqui correto, é apolar. Ou seja, essa molécula aqui não tem polarização elétrica e ai vem outra pergunta a vocês com o resultado disso o que é que vocês acham sobre, por exemplo, o ponto de ebulição das duas, qual das duas tem a ebulição maior, qual das duas é mais difícil de entrar para o estado de vapor?</i></p> <p>Trecho 2: <i>Mão direita e esquerda são diferentes. Porque se você colocar sua mão sobre a outra mão você não vai ter coincidência, o dedão tá desse lado, o outro dedão tá do outro lado, polegar. Então eles são diferentes, elas são mãos diferentes, então é o que acontece com as moléculas também, essa simetria, direito esquerdo, que nesse caso dessa molécula que tem essa característica a gente chama na nomenclatura oficial uma molécula.</i></p> <p><i>Destro vem de direito, todo mundo sabe. Levo vem de esquerdo. Conclusão é como se fosse uma similaridade que acontece, por exemplo, com as nossas mãos, as nossas mãos são diferentes, apesar de serem muito, muito parecidas tem uma diferençazinha. Tranquilo?</i></p> <p><i>E ai essa isomeria quando acontece isso, é um tipo de isomeria espacial também só que chamado de isomeria ótica. Ai vem o questionamento de onde vem esse nome ótica, o ótica é o seguinte gente, uma das propriedades que diferenciam as duas moléculas é o fato delas desviarem o plano da luz polarizada para um lado determinado, por exemplo, uma quando a luz passa por ela, a luz passa e é desviada para direita e a outra para esquerda. Eu vou explicar isso mais detalhadamente agora, deixa eu apagar aqui.</i></p>

Fonte: O Próprio autor

conclusão

Análise e discussão:

O professor P3 introduz o conteúdo a ser estudado, o de isomeria (3D), mais precisamente a isomeria ótica, retomando o próprio conceito de isomeria – *passo 1*:

P3: [...] *É o seguinte, primeiro vamos fazer uma revisãozinha sobre isomeria. O que é isomeria? [...]. O passo 2 da metodologia TWA é contemplado quando o professor utiliza o análogo como figuras de moléculas exposto no quadro. Estas figuras de moléculas passam a constituir o análogo:*

P3: [...] *Aqui a gente não ta vendo como é que essa molécula é tridimensionalmente a gente ta vendo apenas uma linha só mais a gente sabe que na verdade a estrutura orgânica é bem mais complicada do que isso ela tem uma geometria tridimensional [...].*

Então, fica evidente que o professor P3 utiliza “figuras de moléculas no quadro” como o análogo, no *passo 2*. Destacamos aqui, que o professor P3 demonstrou preocupação com relação ao *conhecimento do conteúdo*, uma vez que inicia a aula trazendo à tona as necessidades que o aluno tem em seu repertório para poder entender a isomeria (3D), quando propõe fazer uma revisãozinha (parte grifada acima). Entretanto, quando diz *todos já sabem que uma estrutura orgânica é bem mais complicada*, deixa a desejar na questão do conhecimento pedagógico do conteúdo. Como é que *todos já sabem?* Não houve uma discussão prévia. Não houve uma sondagem.

O *passo 3*, baseado ainda nas figuras das moléculas no quadro como análogo, na metodologia TWA é contemplado quando o professor apresenta algumas características importantes do análogo, sempre referindo-se ao alvo, como a hibridização dos carbonos ligados por ligação dupla e suas configurações espaciais (análogo a um triângulo – outra analogia).

O *passos 4* é contemplado quando o professor utiliza simultaneamente a “figura no quadro” e os “modelos concretos” de bolas, para explicar como são as moléculas reais, e aí este destaca as similaridades entre alvo e análogo, como as ligações para fora do plano do papel e para dentro do plano do papel.

O *passo 5*, também como nos casos dos professores P1 e P2, são inconclusivos pois o professor P3 não se preocupa em que pontos a analogia falha.

O *passo 6* da metodologia é identificado quando o professor utiliza o modelo por ele apresentado e passa a inferir junto aos estudantes conclusões sobre a polaridade das moléculas e até sobre algumas propriedades físicas como o ponto de ebulição, a partir do análogo. Observa-se que o professor P3 procurou utilizar de vários modelos de representação, como

desenhos no quadro, modelos concretos onde realizou operações e até sugeriu aos alunos utilizarem a imaginação, quando inferiu sobre as mãos, utilizando-as como analogia.

Para Duit (1991) e Treagust et al, (1992), a analogia é uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido, como vimos anteriormente, e o que esperamos do professor mesmo de forma inconsciente é uma certa racionalidade, advinda da sua experiência e, o professor P3, demonstrou isto. Lembremos que, segundo Krajcik (1991), a maioria dos alunos das escolas secundárias não interpreta apropriadamente os significados das representações, o que infere no professor a sensibilidade para procurar várias formas de representação até que o aprendiz se encontre melhor em uma dessas.

Recorrendo mais uma vez aos pressupostos da página 56, os modelos apresentados, são as seguintes, para o professor P3:

(i) Modelo analógico concreto – o professor introduz sua aula e nos passos 1 e 2 destaca um modelo concreto como sendo o análogo, no caso as figuras de moléculas no quadro e no decorrer da aula apresenta outro modelo concreto, ou seja, nos passos 6, o modelo de bolas no trecho 2, e demonstra uma propriedade molecular.

Passo 4: “Você vai colocar assim, então o carbono é o pretinho, o azulzinho seria esse cloro, o hidrogênio seria o branco e o verde a hidroxila que tá apontando para fora do quadro”.

(ii) Modelo analógico operacional – quando o professor sugere realizar uma operação que até então o aluno não imaginava que fosse possível para uma molécula (girar um átomo em função do outro), presente no passo 6;

(iii) Modelo com múltiplas analogias – quando o professor faz uso de várias analogias para conseguir explicar determinado conteúdo, que no caso ocorre quando o mesmo refere-se a luz: - luz como feixe de raios; - associa desvio da luz a isômeros espaciais; - carbono quiral é aquele semelhante à mão.

Passo 1 e 2: “figuras de moléculas no quadro”;

Passo 4: “Você vai colocar assim, então o carbono é o pretinho, o azulzinho seria esse cloro, o hidrogênio seria o branco e o verde a hidroxila que tá apontando para fora do quadro”.

Parte do trecho 2, passo 6: Mão direita e esquerda são diferentes. Porque se você colocar sua mão sobre a outra mão você não vai ter coincidência, o dedão tá desse lado, o outro dedão tá do outro lado, polegar.

3.2 Elaboração do Questionário – Justificativas

O questionário foi elaborado tomando como base as análises realizadas sobre os dados dos quadros 9, 10 e 11 referentes às transcrições das falas dos professores P1, P2 e P3, respectivamente. Para análise final e justificativa das questões elaboradas, foi construída uma tabela (tabela 2) referente às aulas ministradas pelos professores, transcritas nas falas destes, e que de uma forma ou de outra estão relacionadas às analogias e a questão dos conhecimentos docentes segundo Shulman (1987).

Quanto à formação docente, utilizou-se como parâmetro os conteúdos citados pelos professores durante suas aulas, relacionados ao conteúdo principal que é a isomeria (3D), em conformidade com as categorias indicadas por Shulman (1987), que foram analisadas:

- *Conhecimento do conteúdo*: são os conteúdos que fazem parte diretamente do conteúdo específico.

“O número de conteúdos, diretamente relacionados com a isomeria (3D), é um dado relacionado ao conhecimento do conteúdo”

- *Conhecimento pedagógico do conteúdo*: seria a forma de trabalhar o conteúdo associando-o a diferentes modelos como as analogias. Nesse caso, se o professor utilizasse “1” modelo analógico apenas em suas aulas, ainda assim ele teria que ter habilidade para trabalhar de forma coerente um número de vezes, “ n ”, igual ao número de conteúdos que abordaria. “ n ” seria o número de conteúdos; “2” modelos analógicos resultaria em “ $2n$ ” formas de trabalhar; Ou seja, “3” modelos analógicos resultaria em “ $3n$ ” formas de trabalhar; Assim, quanto mais modelos analógicos o professor utiliza ou pretende utilizar, mais complexo seria o seu trabalho de ensinar, pois envolveria mais saberes a serem mobilizados. Em contrapartida, o professor estaria demonstrando um conhecimento pedagógico mais qualificado.

“O número de possibilidades de se trabalhar um conteúdo passou a ser um dado relacionado ao conhecimento pedagógico”

- *Conhecimento curricular*: refere-se a todos os conteúdos que deveriam ser trabalhados para o estudo do conteúdo principal, inclusive este (ver quadro 8, p. 46).

“O número de conteúdos envolvidos é um dado referente ao conhecimento do currículo”

Tabela 2

Número “estimado” de saberes mobilizados pelos professores P1, P2 e P3 baseado na análise dos modelos analógicos utilizados e dos conteúdos ensinados ou citados em suas aulas

Professor	Modelos Analógicos	Conteúdos Citados (quadros 9, 10 e 11)	Saberes provavelmente mobilizados
P1	1- modelo concreto 2- modelo operacional 3 - modelo com múltiplas analogias	a – isomeria geométrica; b – ligação dupla; c – moléculas; d – ligação simples; e – fórmula molecular; f – massa molar; g – ponto de fusão; h – isômero trans; i – ácido.	Conteúdo = 1 (a) Pedagógico = 3 x 9 = 27 Curricular = 9
P2	1- modelo concreto 2- modelo com múltiplas analogias	a – isomeria ótica; b – isomeria espacial; c – luz; d – substância opticamente ativa; e – dextrógiro; f – levógiro; g – luz polarizada; h – carbono quiral;	Conteúdo = 3 (a,b,c) Pedagógico = 2 x 8 = 16 Curricular = 8
P3	1- modelo concreto 2- modelo operacional 3- modelo com múltiplas analogias	a – isomeria; b – isômeros; c – isomeria espacial; d– isômeros geométricos; e– isômeros tridimensionais; f – ligação dupla; g – carbono sp ² ; h – isomeria ótica; i – molécula;	Conteúdo = 5 (a,b,c,d,e) Pedagógico = 3 x 14 = 42 Curricular = 14

		j – polaridade das moléculas; l – carbono quiral; m – luz polarizada n – dextrógiro; o – levógiro.	
--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

Fonte: O próprio autor

Análise e discussão sobre a tabela:

As observações dos valores acima demonstraram que o conhecimento pedagógico do conteúdo apresenta uma exigência de domínio maior que os outros conhecimentos no estudo da isomeria (3D), uma vez que as possibilidades para que o professor obtenha bons resultados no estudo dessa isomeria passa por ter este que seguir um caminho que envolva o máximo de conteúdos necessários ao aprendizado da isomeria (3D) e, o saber fazer perpassa por delinear um caminho pedagógico bem estruturado. Quanto mais sensibilidade o professor apresentar, com relação a compreender as necessidades do aluno, mais caminhos pedagógicos possíveis serão trilhados, o que significa que o professor deverá apresentar um maior preparo.

O conhecimento curricular também é bastante exigente para o aprendizado da isomeria (3D). Observe o número de possibilidades: $P1 = 9$, $P2 = 8$ e $P3 = 14$. Mesmo sendo números relativos, de uma confiabilidade pautada numa observação empírica sem um rigor maior, a análise nos remete, de forma preliminar, a uma preocupação com relação aos professores: Estariam os professores preparados para cumprir tais exigências? A resposta a esta pergunta nos aproximará da resposta ao nosso objetivo de pesquisa, que seria o de sinalizar os principais saberes necessários durante a formação de professores para utilização dos modelos na forma de analogias no ensino da isomeria (3D).

Logo, a partir desta análise propôs-se o questionário, com as seguintes questões, devidamente justificadas:

PROPOSTA DE QUESTIONÁRIO (Apêndice)

01 – Quais as dificuldades que você, como professor, enfrenta ao tratar do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula?

Procurou-se com as repostas do professor, obter informações acerca do seu conhecimento pedagógico do conteúdo. A palavra “dificuldades” foi utilizada com o propósito de instigar respostas cujo objetivo seja buscar soluções para as dificuldades de se trabalhar tal conteúdo.

02 – Estabelecer uma seqüência de conhecimentos (conteúdos) que você considera importante o aluno saber antes de uma aula de isomeria (3D)?

Nesse momento, buscou-se a expressão, mesmo que involuntária, de dois saberes: do conteúdo em si e do currículo necessário ao aluno para adquirir o conhecimento de isomeria (3D).

03 – Quais os recursos que você utiliza em sala de aula quando aborda a isomeria (3D)?

Aqui o objetivo foi o de verificar quais modelos didáticos de ensino, mesmo que seja de forma intuitiva, o professor utilizaria ao trabalhar com a isomeria (3D). Esperou-se vir à tona nessas respostas, as dificuldades inerentes ao uso das analogias como modelos didáticos e que, observações surjam com respeito à formação desses professores.

04 – O recurso citado por você facilita em que a compreensão dos alunos?

Nestas respostas, uma vez que a verificação das dificuldades apresentadas pelos alunos ao estudar a isomeria (3D) é um reflexo das dificuldades com relação às falhas na utilização das analogias, demonstrando para o professor lacunas em sua formação, permiti-se que se façam sugestões, cujo objetivo seria propor uma formação mais centrada nesses problemas educacionais apresentados.

05 – Você considera que o aluno “aprendeu” o conteúdo de isomeria (3D) se ele for capaz de fazer o que?

Uma vez que estas respostas revelariam a possibilidade de tirar conclusões sobre o alvo ao se utilizar analogias e esta é uma questão para fechamento das ideias que o professor tem sobre o aprendizado do conteúdo de isomeria (3D), já que é um conteúdo repleto de abstração e possibilita ao professor trabalhar com vários recursos didáticos ou modelos.

3.2.1 Dados Obtidos das Respostas ao Questionário

Após a análise das transcrições das falas, o questionário foi preparado e aplicado. Logo, as questões presentes no questionário dizem respeito à utilização das analogias no ensino de química bem como a influência da formação dos docentes na utilização dessas analogias, estando isto indicado nos nossos objetivos específicos (ver p. 20).

3.2.2 Análise das Respostas do Professor P1 – Questionário Aplicado

O professor P1 apresentou suas respostas de forma que se adequaram a sua sequência didática utilizada na sala de aula, de acordo com as transcrições realizadas dessas aulas. Elencou uma série de detalhes necessários a aprendizagem dos alunos, mas que revelaram também uma inconsistência no saber fazer em suas aulas, cheias de lacunas por não considerar nas aulas as dificuldades que demonstrou perceber dos alunos em suas respostas ao questionário.

QUADRO 12
Respostas do Professor P1 ao questionário

Questões Propostas	Respostas
01 – Quais as dificuldades que você, como professor, enfrenta ao tratar do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula?	Resposta: - <i>O aluno não percebe a importância e a relação desse conteúdo com o seu cotidiano.</i> - <i>A falta de motivação, devido ao nível da linguagem química e a quantidade de conteúdo que é estudado sem relacionar com a realidade cotidiana.</i>
02– Estabelecer uma sequência de conhecimentos (conteúdos) que você considera importante o aluno saber antes de uma aula de isomeria (3D)?	Resposta: - <i>Domínio da linguagem da química orgânica.</i> - <i>Conhecimento das funções orgânicas e propriedades do carbono, como elemento formador dos esqueletos das cadeias carbônicas.</i>
03 – Quais os recursos que você utiliza em sala de aula quando aborda a isomeria (3D)?	Resposta: - <i>Primeiro, deve-se mostrar ao aluno materiais concretos do seu cotidiano, como medicamentos, alimentos, polímeros e documentários, relacionando as respectivas estruturas.</i> - <i>Montar, junto com os alunos, modelos estruturais.</i>
04 – O recurso citado por você facilita em que a compreensão dos alunos?	Resposta: - <i>Primeiro a motivação é um elemento importante, e isso só será possível se o aluno compreender;</i> - <i>O material concreto facilita a visualização espacial, facilitando o processo de ensino-aprendizagem.</i>
05 – Você considera que o aluno “aprendeu” o conteúdo de isomeria (3D) se ele for capaz de fazer o que?	Resposta: - <i>Se ele compreender a necessidade e a importância no seu cotidiano.</i> - <i>Se ele for capaz de perceber e relacionar o fenômeno da assimetria molecular e a predominância de compostos com propriedades diferentes.</i> - <i>Identificar estruturas orgânicas que possuem tais propriedades, ou seja, de possuírem compostos diferentes (isômeros).</i> - <i>Perceber a importância da isomeria na sua formação como cidadão crítico.</i>

Fonte: O Próprio autor

Percebeu-se uma incoerência substancial no momento de introduzir o assunto. Observemos que as dificuldades dos alunos no conteúdo de isomeria (3D) deveriam ser prevista pelos docentes, pois, segundo Gabel (1998) e Johnstone (1993), existem várias pesquisas científicas que indicam isto: sobre compreensões dos conceitos químicos em nível macroscópico e simbólico; dificuldades de representação de fórmulas, estruturas e símbolos (WU et al, 2001); Também, associação das representações com a linguagem comum (NYE, 1993); Mais ainda, dificuldades para a representações simbólicas, pois essas representações são invisíveis e abstratas requerendo uma visão que supere a informação sensorial (BEN-ZVI et al, 1988); E, complementando, a maioria dos alunos das escolas secundárias não interpreta apropriadamente os significados das representações (KRAJCIK, 1991).

Podemos também recorrer ao *raciocínio pedagógico* proposto por Shulman (1987) – quadro 4 (p. 32) para compreendermos melhor as respostas do professor. O raciocínio pedagógico é apresentado na seguinte sequência, a qual não é rígida: (1) *conhecimento compreensivo* → (2) *transformação* → (3) *ensino* → (4) *avaliação* → (5) *reflexão* → (6) *novas formas de compreensão*. Observe que na *questão 2*, em sua resposta, o professor deveria demonstrar o conhecimento compreensivo, ou seja, saber aquilo que os alunos deveriam saber para aprender o conteúdo em questão, ou seja, a isomeria (3D) e, isto demonstrou certo conhecimento com relação ao conteúdo.

Em suas respostas o professor P1 até demonstrou a ideia de algumas necessidades como *domínio da linguagem da química orgânica e conhecimento das funções orgânicas*, mas, certamente, apresentou dificuldades para sugerir aos estudantes uma situação análoga, demonstrando apresentar a necessidade de fazer uma reflexão da sua prática, a qual se apresenta desprovida de “ação”, do “fazer”, para uma correção nas deficiências dos alunos, fato relacionado também, ao conhecimento pedagógico do conteúdo, e que pode ser confirmado recorrendo-se as respostas da *questão 2*.

Em suas respostas alocadas na *questão 3*, percebe-se potencialmente que o professor até percebe a necessidade de utilização de instrumentos necessários para apresentação do conteúdo de isomeria (3D) aos alunos, e isto está relacionado com a *transformação e o ensino*, no raciocínio pedagógico e com o *conhecimento pedagógico do conteúdo*, mais uma vez.

A utilização de uma ou múltiplas analogias poderia colaborar em uma melhor compreensão por parte dos alunos e, certamente, influiria de forma positiva na metodologia utilizada pelo professor.

A *questão 4* refere-se a *conhecimento pedagógico do conteúdo* e pudemos observar que o professor usou em suas respostas as frases “*motivação*” e “*material concreto*”, fatores preponderantes que o professor deveria se preocupar ao preparar o modelo que o mesmo utilizaria em sala de aula. Em seguida, na *questão 5*, foram alocadas respostas em que o professor utilizou os verbos “*compreender*”, “*perceber*”, “*identificar*” e *relacionar*, que têm plena relação com esboçar conclusões sobre o alvo, fatores que demonstrariam o aprendizado por parte dos alunos ou lacunas nesse aprendizado, numa provável avaliação que o professor realizaria. Isto demonstrou que o professor P1 possui, pelo menos, as ideias associadas a metodologia TWA, mesmo que inconscientemente e, também, sobre o cumprimento de parte do raciocínio pedagógico, no que diz respeito a avaliação e reflexão. Cabe salientar apenas, que o professor P1 apresentou as idéias, porém, um tanto distante de sua prática, uma vez que esta prática, não foi observada em sala de aula, conforme o quadro 9, p. 47.

3.2.3 Análise das Respostas do Professor P2 – Questionário Aplicado

As respostas ao questionário dadas pelo professor P2 indicam um professor preocupado essencialmente com a questão representacional na química, centrado muito na questão das representações, envolvido parcialmente com a questão pedagógica do conteúdo e mais envolvido com a questão do *conhecimento do conteúdo e do currículo*, uma vez que o mesmo destaca em suas respostas ao questionário apenas questões relacionadas a esses temas.

A colocação das respostas no quadro 13 a seguir leva em consideração aspectos que o mesmo deveria ter desenvolvido em sua formação e que comporia na elaboração das analogias segundo a TWA.

QUADRO 13
Respostas do Professor P2 ao questionário

Questões Propostas	Respostas
01 – Quais as dificuldades que você, como professor, enfrenta ao tratar do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula?	Resposta: <i>Entre várias dificuldades estão:</i> <i>1. o estudante tem dificuldade em escrever estruturas e compostos orgânicos.</i> <i>2. dificuldade em escrever estruturas espaciais.</i> <i>3. reconhecer as funções orgânicas.</i>
02– Estabelecer uma seqüência	Resposta:

continua

de conhecimentos (conteúdos) que você considera importante o aluno saber antes de uma aula de isomeria (3D)?	<i>Nomenclatura dos compostos orgânicos → escrever fórmulas estruturais e moleculares → escrever fórmulas espaciais.</i>
03 – Quais os recursos que você utiliza em sala de aula quando aborda a isomeria (3D)?	Resposta: <i>Slides com o conteúdo do assunto. Modelos moleculares. Janelas ilustrativas.</i>
04 – O recurso citado por você facilita em que a compreensão dos alunos?	Resposta: <i>Os recursos citados além de deixar a aula mais dinâmica, facilitam o entendimento do conteúdo, pois o estudante consegue visualizar com mais clareza a estrutura espacial dos compostos.</i>
05 – Você considera que o aluno “aprendeu” o conteúdo de isomeria (3D) se ele for capaz de fazer o que?	Resposta: <i>Escrever fórmulas estruturais corretamente. Diferenciar os diversos tipos de isomeria. Saber escrever e dá nome dos isômeros envolvidos no assunto abordado.</i>

Fonte: O Próprio autor

conclusão

O quadro 13 trás as respostas dadas pelo professor P2 as questões apresentadas. O professor deveria ter plena convicção das dificuldades apresentadas pelos alunos, de acordo com as pesquisas (GABEL, 1998; JOHNSTONE, 1993). Estes estudos, dizem respeito ao desenvolvimento dos conceitos que envolvessem múltiplas representações em química. Seria necessário que o professor P2 utilizasse de perspicácia e preparasse uma revisão antes de começar a trabalhar o conceito alvo, fato não observamos, de acordo com o quadro 10, p. 51, pois, na *questão 1*, apesar de indicar as dificuldades que os alunos apresentam, como *em escrever estruturas espaciais dos compostos orgânicos e reconhecer as funções orgânicas*, este professor não se preocupou com isto em sua aula

Ora, em suas respostas à questão 2, o professor P2 retrata exatamente aqueles conteúdos que o docente deveria alocar na peça de analogia (o análogo) para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo a trabalhar, a isomeria (3D). Tal preceito é fundamental na compreensão do conteúdo por vir, a isomeria (3D), e o professor P2 jamais teria como propor um análogo que não estivesse revestido desses temas: *nomenclatura → fórmulas planas → fórmulas espaciais* (WU et al, 2001). Este conhecimento é importante e o professor P2 revela uma preocupação, o que demonstra sensibilidade com o *conhecimento do conteúdo* a ensinar, segundo Shulman (1986, 1987). Ora, na indicação das Bases de Conhecimento para o Ensino (quadro 03, p. 30), Shulman (1986, 1987) estabelece como preceitos, entre outros,

- Refere-se àquilo que o professor de Química deve saber de forma a ingressar na profissão com um repertório mínimo que lhe possibilite, a partir dele, novas construções e novos conhecimentos.
- Envolve conhecimentos de diferentes naturezas, todos necessários e indispensáveis para a atuação profissional [...].

O professor P2 se mostrou um tanto distante do segundo ponto acima citado, uma vez que não utilizou muitas analogias em suas aulas sobre isomeria (3D), revelando uma característica de sua formação que precisa ser reforçada, apesar de apresentar 15 anos de experiência. Quanto ao primeiro ponto, nota-se a presença de um repertório mínimo, mais relacionado ao *conhecimento do conteúdo* do que ao *conhecimento pedagógico do conteúdo*, uma vez que suas respostas ao questionário revelaram tal preocupação.

Nas *questões 3 e 4* o professor demonstram que o professor possui o “*saber fazer*” uma vez que cita o que deveria utilizar na aula para promover o aprendizado e ainda indica o que espera ao utilizar tal recurso, fato associado ao primeiro ponto citado anteriormente sobre os saberes para base do conhecimento segundo Shulman (1986, 1987).

As respostas presentes na *questão 5* demonstraram que o professor foi bastante superficial e reducionista ao avaliar o aprendizado dos alunos citando conteúdos que os mesmos deveriam saber até antes de estudar a isomeria (3D) como:

P2: escrever fórmulas estruturais corretamente e diferenciar os diversos tipos de isomeria .

Por fim, baseado em Wu et al, (2001), a aplicação das analogias de forma consciente, que poderia ter sido realizada pelo professor P2 resultaria, de forma mais eficaz, na obtenção dos três tipos de conexões cognitivas básicas envolvendo informações conceituais e visuais, representadas pela figura abaixo:



FIGURA 5: A preocupação do professor P2 está relacionada com as diferentes formas de representação por parte dos estudantes e as conexões possíveis entre estas, que são: visual para conceitual, conceitual para visual e conceitual e visual, simultaneamente.

Fonte: O próprio autor baseado em Wu et al, (2001)

3.2.4 Análise das Respostas do Professor P3 – Questionário Aplicado

O professor P3 apresentou respostas relacionadas a metodologia TWA e aos saberes docentes. Foram respostas precisas que estão alinhados com as aulas ministradas por ele e identificadas nas transcrições das observações realizadas. Porém, respondeu a questão 4, sobre os recursos a utilizar na sala de aula de forma bastante redutível.

QUADRO 14
Respostas do Professor P3 ao questionário

Questões Propostas	Respostas
01 – Quais as dificuldades que você, como professor, enfrenta ao tratar do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula?	Resposta: <i>Acredito que um dos principais entraves para a aprendizagem desse assunto encontra-se na falta de base dos alunos associados com o aspecto inerente ao próprio assunto que é a dificuldade de contextualizar com o dia-a-dia do aluno.</i>
02– Estabelecer uma seqüência de conhecimentos (conteúdos) que você considera importante o aluno saber antes de uma aula de isomeria (3D)?	Resposta: <i>Antes de mais nada, o aluno precisa conhecer as geometrias que o átomo de carbono pode apresentar, além da própria nomenclatura de estruturas orgânicas.</i>
03 – Quais os recursos que você utiliza em sala de aula quando aborda a isomeria (3D)?	Resposta: <i>Normalmente eu utilizo o modelo de bolas coloridas e varetas para mostrar aspecto assimétrico de algumas moléculas orgânicas.</i>
04 – O recurso citado por você facilita em que a compreensão dos alunos?	Resposta: <i>Certamente</i>
05 – Você considera que o aluno “aprendeu” o conteúdo de isomeria (3D) se ele for capaz de fazer o que?	Resposta: <i>Inicialmente saber diferenciar moléculas simétricas de assimétricas, e, a partir daí perceber que podem existir isômeros devido à assimetria que resultam em propriedades óticas diferentes.</i>

Fonte: O Próprio autor

O professor P3 aproximou-se, em sua resposta ao questionário, as resposta do professor P2, uma vez que demonstrou está ciente das dificuldades de representação e da manipulação com as moléculas em química, apresentadas pelos alunos. O professor

apresentou plena convicção das dificuldades, corroborando com as pesquisas de Gabel (1998) e Johnstone (1993).

Acrescenta ainda duas observações importantes quando se vai utilizar uma analogia seguindo a TWA: a questão da contextualização, mas reconhece que é difícil contextualizar, fato que de uma forma ou de outra demonstra despreparo com relação à formação desse professor e, provavelmente, pelo fato de ser engenheiro químico, deve existir em sua formação lacunas relacionadas à questão do *conhecimento pedagógico do conteúdo*, o qual é importantíssimo quando o professor confronta-se com situações como a de trabalhar com conteúdos bastante abstratos como a isomeria (3D) e a questão do conhecimento do currículo, necessária para que o professor saiba quais conteúdos preliminares deveria trabalhar de formas adjacentes ao conteúdo principal, além de responder o porquê de ensinar tal conteúdo.

Verificou-se que, com relação à *questão 2*, o de saber sobre aqueles conteúdos que o estudante deveria conhecer, o professor teria que fazê-lo através de uma analogia que em si não contivesse os obstáculos apresentados por ele para as necessidades de conhecimentos que o aluno deveria ter, como *as geometrias apresentadas pelo carbono e a questão da nomenclatura*. Na resposta à *questão 3* o professor é bastante reducionista, atribuindo ao conhecimento de modelos concretos como suficiente para que o aluno compreenda a isomeria (3D), fato que não é verdadeiro pelas análises anteriores dos professores P1 e P2, quanto mais para apontar semelhanças possíveis entre alvo e análogo. Estas semelhanças só seriam obtidas através da análise de vários aspectos.

Na *questão 4* o professor foi muito superficial, com a resposta “*certamente*”. Entretanto, como a pergunta era sobre o aprendizado do aluno, fica também subentendido que o professor considera que apenas a utilização de um instrumento metodológico garante a aprendizagem, o que revela um despreparo no que concerne ao raciocínio pedagógico apontado por Shulman (1987) e, também, pouco *conhecimento pedagógico do conteúdo*, pois o professor não conseguiu inferir dos seus instrumentos utilizados um resultado satisfatório para o aprendizado dos alunos.

Finalmente na *questão 5*, sobre a verificação da aprendizagem, o professor P3 considera que o aluno aprendeu a isomeria (3D) se o mesmo se enquadrar em duas situações, respondidas por este: “*saber diferenciar*” e “*perceber*”, isto com relação a assimetria molecular. Nas pesquisas em ensino de Química tendo a isomeria como objeto de estudo, destaca-se as dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão das estruturas espaciais das moléculas, detendo-se a forma que os mesmos visualizam as moléculas no espaço (KURBANOGU; TASKESENLIGIL; SOZBILIR, 2006). Assim, revelou-se nesse

professor, desconhecimento sobre as dificuldades dos alunos no aspecto daquilo que os mesmos seriam capazes de fazer ou perceber, uma vez que em momento algum em suas aulas, isto foi demonstrado, de acordo com o quadro 11, p. 55, houve a preocupação do mesmo em fazer uma sondagem e até promover uma discussão a respeito das representações, fato até certo ponto compreensível uma vez que este professor é engenheiro químico e, portanto, priorizou em seu curso de graduação o *conhecimento do conteúdo* em detrimento de um conhecimento mais detalhado de como ensinar e o que ensinar.

3.2.5 Comparando os Resultados

Considerando que os professores P1, P2 e P3 apresentaram aulas clássicas, tradicionais, cada um, segundo Echeverria et al, (2006, p. 308), indicado na página 16, passamos a fazer observações dos dados contidos nos quadros 9, 10, 11, 12, 13 e 14, para construção de um outro quadro (quadro 15) que demonstrou as ideias apresentadas pelos professores, sendo estas ideias relacionadas com o que se exige na TWA para utilização sistematizada das analogias em sala de aula. Os dados do quadro 15 foram selecionados levando-se em consideração dois parâmetros:

(i) *Falas dos professores e respostas ao questionário* – foi realizada uma análise detalhada dos quadros 8 a 13 extraíndo-se “palavras”, “frases” ou “respostas” relacionadas aos passos da TWA;

(ii) *Atitudes dos professores em sua apresentação em sala* – na transcrição das falas do professor em sala de aula, estão indicadas as ações realizadas pelos mesmos no esforço de apresentar o conteúdo para os alunos. Através dessas observações, implícitas nas falas, e até em certos momentos, explícitas, observou-se e foram destacadas aquelas atitudes que corroboram com os passos da metodologia TWA.

Dessa forma, procurou-se fazer a análise segundo Denzin (1984), sobre triangulação, ou seja, deve-se proceder na análise à triangulação das fontes de dados, em que se confrontam os dados provenientes de diferentes fontes, no caso os professores P1, P2 e P3 e a triangulação metodológica, em que, para aumentar a confiança nas suas interpretações o investigador faz novas observações diretas com base em registros antigos [...], descritas na página 56.

QUADRO 15

Resumo dos dados obtidos das falas transcritas em sala de aula e das respostas aos questionários aplicados aos professores P1, P2 e P3

Passos da TWA	Professor P1	Professor P2	Professor P3
<p>Passo 1 Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstração através de um modelo concreto; • Faz uma operação; • Aluno não percebe e falta motivação; • Nível da linguagem química; • Falta contextualização 	<ul style="list-style-type: none"> • “Lembrança” sobre conteúdo já ensinado: isomeria geométrica; • Conceito de luz; • Escrever estruturas; • Reconhecer as funções orgânicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão sobre isomeria; • Diferenciar moléculas assimétricas de simétricas.
<p>Passo 2 Sugerir aos estudantes a situação análoga</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O análogo é modelo de moléculas (concreto); • O análogo é sugerido em uma operação; • Domínio da linguagem; • Conhecimento das funções orgânicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vê algo – análogo na forma de figura – modelo concreto; • Nomenclatura; • Fórmulas espaciais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresenta o modelo concreto; • Faz operações – modelo concreto operacional; • Nomenclatura; • Geometria do carbono.
<p>Passo 3 Identificar as características relevantes do análogo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Esta molécula é igual a esta – modelo concreto; • Observamos esta rotação - modelo operacional. • Materiais concretos do seu cotidiano, • Montar, junto com os alunos, modelos estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Substância desvia o plano da luz polarizada – modelo operacional; • Slides com o conteúdo do assunto. • Modelos moleculares – modelo concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Figuras no quadro – modelo concreto; • Operações com as figuras – modelo operacional; • Várias formas de demonstrar as operações e as estruturas – múltiplas analogias.
<p>Passo 4 Mapear as similaridades entre alvo e análogo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observar a mesma fórmula molecular, a mesma massa molar. 	<p><i>Inconclusivo</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Representa estruturas espaciais no quadro e faz comparações com as moléculas reais – modelo com múltiplas analogias. • Como se fosse ...molécula aqui, olha o carbono no centro que é esse aqui nessa bolinha preta.
<p>Passo 5 Identificar onde a analogia falha.</p>	<p><i>Inconclusivo</i></p>	<p><i>Inconclusivo</i></p>	<p><i>Inconclusivo</i></p>
<p>Passo 6 Esboçar conclusões</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita que o aluno representa a estrutura de um isômero (3D). • Contextualizou; • Compreender, ser capaz e 	<ul style="list-style-type: none"> • Ao final utiliza o conceito de carbono quiral; • O aluno deve escrever fórmulas estruturais 	<ul style="list-style-type: none"> • Esboça conclusões apresentando propriedades como a polaridade; • Utiliza o conceito de

continua

sobre o alvo	identificar foram verbos utilizados;	corretamente; • Diferenciar os isômeros.	carbono quiral; • O aluno deve perceber a diferença entre moléculas simétricas e assimétricas.
--------------	--------------------------------------	---------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: O Próprio autor

conclusão

Análise e discussão:

As observações do quadro 15 alinham-se com aquilo que já havíamos percebido na análise individual dos professores P1, P2 e P3, ou seja, as aulas desses professores, mesmo sendo tradicionais, seguem uma estrutura mais ou menos semelhantes, e que concordam com a TWA em alguns pontos, de acordo com a seqüência:

- (i) Introdução do conteúdo;
- (ii) Apresentação e discussão de um modelo analógico;
- (iii) Algumas explicações sobre o conteúdo utilizando, às vezes, mais analogias;
- (iv) Operações realizadas para consolidar as explicações fornecidas;
- (v) Uma discussão sobre as propriedades envolvidas no fenômeno;
- (vi) Conclui solicitando que o aluno demonstre capacidade de fazer algo: escrever uma estrutura solicitada ou realizar uma operação, por exemplo.

Os modelos de ensino utilizados por estes professores são basicamente de três tipos citados, a saber: *modelo analógico concreto*, *modelo analógico operacional* e *modelo analógico com múltiplas analogias*. Sobre cada passo da TWA no quadro 15, observamos o seguinte:

Passo 1: Os professores comentaram sobre motivação (P1), fizeram demonstração (P1 e P3) e citaram conteúdos necessários ao aprendizado da isomeria (3D) (P1, P2 e P3), porém, não tiveram a preocupação em verificar se os alunos estavam capacitados com relação aos conteúdos necessários ao aprendizado da isomeria (3D). Também, em nenhum momento propuseram uma discussão sobre os modelos ora utilizados por eles em suas explicações.

Passo 2: Sobre a sugestão da situação análoga, apresentaram em suas respostas ao questionário até certa sensibilidade ao citarem conteúdos importantes relacionados. Entretanto, em suas explicações, trataram os análogos como o próprio alvo, resultado da utilização não racional das analogias (ou modelos). Isto é um reflexo da formação desses professores, uma vez que demonstraram até possuir o conhecimento do conteúdo, mas, possuem um conhecimento pedagógico do conteúdo de “forma fragmentada”, e isso seria essencial para uma transposição do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula.

Passo 3: Utilização de materiais concretos (modelos concretos), slides de apresentação, figuras no quadro, utilização de múltiplas analogias são recursos que os professores P1, P2 e P3 poderiam se valer para caracterizar o análogo caso utilizassem a metodologia TWA, fato que ficou evidente. Estamos destacando neste momento, as potencialidades apresentadas pelos professores, mas que precisariam ser desenvolvidas e treinadas para a utilização em sala de aula de forma racional.

Passo 4: O professor P2 foi inconclusivo na associação de suas respostas e na transcrições de suas falas com este passo da metodologia, porque este professor em momento algum se preocupou em observar nos modelos utilizados suas limitações, tratando-os como o próprio alvo. Expressões do tipo “é como se fosse” ou “parece com” poderiam ser associadas para indicar um tratamento mais cuidadoso com o objeto utilizado para representar o assunto alvo, e este professor não utilizou estas expressões nem outras semelhantes. Este professor centralizou suas explicações no modelo apresentado, tratando-o o análogo como se fosse o alvo, mais que os outros dois professores, P1 e P3, apresentando apenas dois modelos analógicos.

Passo 5: *Identificar onde a analogia falha* é um processo que não tem como se justificar uma vez que os professores utilizaram as analogias de forma inconsciente.

Passo 6: De uma forma ou de outra, os professores sempre ao final de um conteúdo trabalhado em sala de aula, independente do modelo utilizado, buscam verificar se houve compreensão e aprendizado por parte dos alunos. Associando suas falas transcritas com suas respostas as questões propostas, percebe-se um conhecimento razoável sobre a forma de como buscar respostas para essas duas questões. Todavia, não se verificou na prática de sala de aula uma atuação desses professores, no fazer acontecer, uma vez que não foi observado os alunos

cumprirem tais requisitos postos por eles. Até tentaram, entretanto, os próprios professores fizeram o que os alunos deveriam fazer.

A análise dos resultados indicaram limitações na profissionalização desses docentes, no que diz respeito aos seus saberes, e isto está evidente em suas ações, em suas respostas, submetidas principalmente, a um conhecimento pedagógico do conteúdo distorcido, deficiente.

3.2.6 As Necessidades de Conhecimento Segundo Shulman

Nosso enfoque para uma primeira análise dos dados obtidos, foi sobre os modelos na forma de analogias, os quais foram denominados de *modelos analógicos*. Ora, a própria atividade de formulação de um modelo não é tão simples.

A elaboração de um modelo de ensino é um processo complexo, pois ele deve preservar a estrutura do modelo consensual e lidar com o conhecimento prévio dos alunos a fim de que eles construam sua própria compreensão. Sendo assim, um modelo de ensino representa uma maneira diferente de apresentar um modelo consensual e não simplesmente uma simplificação do mesmo (JUSTI; MILAGRES, 2001, p. 41).

Sendo um processo complexo, carece de preparação, de reflexão e de treinamento para que o professor possa utilizar tal ferramenta de forma segura, ciente das dificuldades que poderá ser exposto na prática de sala de aula. Portanto, confirmou-se em nossa pesquisa o que Gil-Pérez (1993, p. 14) já havia observado:

Quando se solicita a um professor em formação ou em exercício que expresse sua opinião sobre o que nós, professores de Ciências, deveríamos conhecer – em um sentido mais amplo de “saber” e “saber fazer” – [...] as respostas são, em geral, bastante pobres e não incluem muitos dos conhecimentos que a pesquisa destaca hoje como fundamentais.

Salientamos que o professor ainda se mostra alheio as pesquisas realizadas atualmente sobre a prática da docência e sobre os conhecimentos necessários a sua profissionalização. Reportemos que a base de conhecimento para o ensino, segundo Shulman (1987), de uma forma referencial é mais limitada em cursos de formação inicial, e se torna mais aprofundada, diversificada e flexível a partir da experiência profissional refletida e

objetivada. Não é fixa e imutável. Implica construção contínua, já que muito ainda está para ser descoberto, inventado e criado. Portanto, propostas que englobem tais aspectos da formação do professor, conhecimento e profissionalização, poderiam ser abordadas durante sua prática e nossa investigação vem corroborar com estas necessidades de conhecimento.

Após a análise do quadro 15, pudemos construir o quadro 16, analisando os dados daquele quadro e requalificando-os neste, baseado nos pressupostos de Shulman, o que nos fornecerá subsídios para análise da formação dos professores P1, P2 e P3.

QUADRO 16

Aspectos relevantes da prática dos professores P1, P2 e P3, com relação às Bases de Conhecimento para o Ensino. (SHULMAN, 1987)

Conhecimentos dos professores (Shulman, 1987)	Professor P1	Professor P3	Professor P3
<p>1 – Do Conteúdo</p> <p>Relaciona-se com o conteúdo em si, sua evolução histórica, suas particularidades e representações possíveis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Não houve preocupação com o nível da linguagem que foi utilizada; • Não houve contextualização; • Não foi observada uma explicação prévia sobre o modelo concreto que utilizou; • Não fez uma sondagem para resgatar os conhecimentos dos alunos como o de massa molar e fórmula molecular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrou não está claro o que vai ensinar, uma vez que não abordou um conteúdo complementar ao ensino da isomeria (3D); • Não houve contextualização. • Não fez uma sondagem para resgatar os conhecimentos dos alunos como o de massa molar e fórmula molecular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Em suas aulas começou fazendo uma revisão sobre o conceito de isomeria, demonstrando preocupação com o aprendizado do conteúdo. • Fez alguma contextualização no final; • Demonstrou conhecimento do conteúdo a ensinar. • Não fez uma sondagem para resgatar os conhecimentos dos alunos. • Abordou mais conceitos que os professores P1 e P2.
<p>2 – Pedagógico do Conteúdo</p> <p>Espécie de amálgama entre o conhecimento da matéria e a pedagogia, constituindo uma esfera exclusiva dos professores, sua forma especial de compreensão profissional.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • O professor fez demonstrações com os modelos concretos sem mostrar qualquer preocupação com o entendimento dos alunos; • O professor comentou sobre a falta de motivação dos alunos, mas nada fez para motivá-los; 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizou alguns modelos de ensino, demonstrando algum conhecimento para ensinar. • O professor fez demonstrações com os modelos concretos sem mostrar qualquer preocupação com o entendimento dos alunos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fez uso de vários modelos de ensino, na mesma aula, em suas explicações; • Esboçou conclusões sobre o conteúdo através de demonstrações com os modelos concretos.

continua

	<ul style="list-style-type: none"> • Comentou sobre a utilização de materiais concretos nas aulas mas não o fez nem citou para os alunos; • Solicita que o aluno represente a estrutura de um isômero (3D). • Professor até citou ações para avaliar o processo como compreender, ser capaz e identificar, porém não foi identificado momentos de avaliação. • Utilizou alguns modelos de ensino, demonstrando algum conhecimento para ensinar; 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou uma seqüência didática no estudo da isomeria (3D) desordenada, com conteúdo atropelando conteúdo como luz, substância que desvia o plano da luz polarizada, carbono assimétrico, embolados. • Considera que escrever estruturas ou reconhecer funções orgânicas seria necessário para o aluno demonstrar que aprendeu isomeria (3D). 	
<p>3 – Curricular</p> <p>Dá uma especial ênfase aos materiais e programas que servem como <i>ferramentas para o ofício</i> do professor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrou um pouco conhecimento curricular pois citou apenas as funções orgânicas como conteúdo importante no aprendizado da isomeria (3D). 	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrou um pouco conhecimento curricular, pois citou apenas as funções orgânicas e saber escrever estruturas como conteúdos importantes no aprendizado da isomeria (3D). 	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentou um repertório nas aulas e na entrevista que demonstra um conhecimento curricular maior que P1 e P2.

Fonte: Baseado em Lima (2007, p. 102)

conclusão

Análise e discussão:

À luz do modelo do *raciocínio pedagógico*, segundo Shulman (1987) fizemos uma análise dos dados presentes no quadro 16. O raciocínio pedagógico relacionado como os saberes são acionados e construídos durante o processo de ensinar e aprender. É concebido sob a perspectiva do professor e é constituído por seis processos comuns ao ato de ensinar: *compreensão, transformação, instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão* (p. 43). As observações do quadro 16, permitiu-nos verificar se os professores satisfizeram aos aspectos citados, ou se deixaram a desejar ou se houve aspectos que não foram verificados. As observações do cumprimento dos parâmetros do raciocínio pedagógico, foram indicados por: “*sim*” ou “*não*”; ainda, se foi cumprido parcialmente colocamos: “*parcial*”. Em seguida procedeu-se a construção de uma tabela (tabela 3) para quantificar e racionalizar os dados. Obtivemos então os seguintes resultados, observando o quadro 16:

Compreensão – “[...] quando você aprende a ser professor, você deve aprender em termos de como vai ensinar algo, como isso irá afetar os estudantes e como eles serão capazes de entender”. (SHULMAN, 1987, p. 113)

P1 = sim

P2 = sim

P3 = sim

Justificativa: Observe no quadro 16, no item conhecimento pedagógico do conteúdo, que os professores P1, P2 e P3 se empenharam em utilizar modelos de ensino para as suas explicações. Logo, ficou demonstrado que a experiência carregada por todos refletiu em suas práticas, e todos levam consigo, de certa forma, a compreensão daquilo que vão fazer, ou seja, ensinar, mesmo que eles não tenham atuados de uma forma uniforme.

Transformação – [...] “os professores deveriam possuir um ‘repertório representacional’ para a matéria que ensinam. Quando um repertório representacional se amplia, ele pode enriquecer ou expandir a compreensão que o professor tem da matéria (...). (SHULMAN, 1987, p. 113)

P1 = sim

P2 = parcial

P3 = sim

Justificativa: Os professores P1 e P2 apresentaram em seus modelos relativamente um repertório representacional. Fizeram até variações (modelo analógico concreto, modelo analógico operacional e modelo analógico com múltiplas analogias), embora centradas no próprio professor. O professor P2, mesmo apresentando também este repertório, o fez de forma desorganizada, além de se equivocar na apresentação do que é necessário para o aluno começar a estudar a isomeria (3D).

Instrução – Refere-se a como o professor desempenha a sua função, relacionado a aspectos como organização e gestão da classe, formas de lidar com os alunos individualmente e em grupos, dosagem de conteúdo, coordenação das atividades de aprendizagem, explicações, questionamentos, humor, discussões, disciplina, ensino por descoberta ou por investigação, assim como todas as características observáveis de ensino na sala de aula. (SHULMAN, 1987)

P1 = não

P2 = não

P3 = não

Justificativa: Não foi observada nas falas nem nas respostas ao questionário qualquer menção por parte de nenhum dos professores sobre tal aspecto do raciocínio pedagógico, ou seja, os professores comportam-se de uma forma “rígida” sem se preocupar se os aspectos citados interferem ou são importantes no processo de ensino.

Avaliação – Este processo deve estar ocorrendo continuamente, através da checagem da compreensão dos alunos, discussão de possíveis enganos como, por exemplo, através das avaliações formais. (SHULMAN, 1987)

P1 = não

P2 = não

P3 = sim

Justificativa: Em termos práticos, apenas o professor P3 solicitou que os alunos realizassem alguma operação com moléculas ou que tirassem alguma conclusão ao final das aulas, instigando-os a dá alguma explicação sobre propriedades características isoméricas.

Reflexão – O professor deve fazer uma revisão de suas atitudes e procurar explicações através de evidências observadas em sua ação. São processos reflexivos sobre a ação pedagógica. Refere-se ao uso de conhecimento analítico para examinar o próprio trabalho em face aos fins estabelecidos. (SHULMAN, 1987)

P1 = não

P2 = não

P3 = não

Justificativa: Não foram observadas atitudes ou falas dos professores que retratassem uma reflexão sobre a sua prática. Isto se deve ao fato de aplicarem em suas aulas o modelo tradicional de ensino.

Nova Compreensão – Trata-se de uma compreensão enriquecida dos propósitos, da matéria, do ensino, dos alunos, do próprio professor, e de outros conhecimentos da base de conhecimento para o ensino. (SHULMAN, 1987)

P1 = não

P2 = não

P3 = não

Justificativa: Provavelmente por se tratar de modelos de ensino tradicional apresentado por todos os professores, a forma de ensinar é um tanto engessada, não se verificando mudanças de uma aula para outra, sendo, também, resultado da falta de reflexão desses professores.

TABELA 3

Análise do raciocínio pedagógico dos professores P1, P2 e P3, com relação a alguns conhecimentos docentes desses professores

Aspectos cumpridos para o raciocínio pedagógico	Professor P1	Professor P2	Professor P3	% correspondente a "sim"
<i>Compreensão</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	<i>Sim</i>	100
<i>Transformação</i>	<i>Sim</i>	<i>Parcial</i>	<i>Sim</i>	66
<i>Instrução</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	0
<i>Avaliação</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Sim</i>	33
<i>Reflexão</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	0
<i>Nova Compreensão</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	<i>Não</i>	0

Fonte: O Próprio Autor

De acordo com a tabela 3, há certa evidência de que os professores em exercício P1, P2 e P3 apresentaram, em relação ao raciocínio pedagógico, as etapas de *compreensão* e de *transformação* do conteúdo trabalhado, no caso a isomeria (3D), um bom desempenho, e isto, de certa forma, está relacionado ao tempo de serviço que os mesmos apresentam, tempo de profissão, o que não é difícil de compreender, pois, para Shulman (1987) os professores têm conhecimento de conteúdo especializado de cuja construção são protagonistas: o conhecimento pedagógico do conteúdo.

Todavia, os aspectos instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão se mostraram insuficientes, fato que tem reflexo na desvalorização dada pelos professores com relação às disciplinas pedagógicas em seus cursos de formação, supõe-se. Chama a atenção nos dados da tabela 3, o fato do professor P3 ser o único entre os três que apresentou uma

preocupação com o processo de avaliação, ao final de suas aulas, de forma objetiva. Apesar de não ser licenciado é o professor que apresenta uma forma estruturada para a aula, envolvendo a avaliação, mais sensível com relação aos saberes que o professor deveria apresentar ao tratar de um conteúdo tão complexo (ver quadro 5).

Finalmente, observamos que o *conhecimento pedagógico do conteúdo* e o *conhecimento do currículo* seriam dois conhecimentos que necessitam de mais atenção na formação desses professores, pois necessitam de um melhor aprimoramento por parte desses professores, uma vez que apresentaram dados que demonstram docentes com características preocupantes, por falta de conhecimento do currículo provavelmente ou desconhecimento pedagógico do conteúdo, conforme observações do quadro 16, como, por exemplo, dando explicações utilizando as analogias centradas no professor, o que não é o ideal, exigindo-se, portanto, um esforço maior para compreensão dos alunos, fato que se relaciona com a falta de instrução, avaliação e nova compreensão no *raciocínio pedagógico*.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das formas de se sinalizar como a ação do professor está interferindo nos resultados do aprendizado dos alunos é através da reflexão do próprio professor. Após sua formação inicial ocorre que o professor não está preparado e mesmo assim entra em ação, sendo necessário que este professor possua algumas habilidades para que no decorrer de sua atividade profissional adquira alguns conhecimentos inerentes a sua prática. Todavia, ao iniciar sua ação de ensinar, o professor precisa de um repertório mínimo, até porque este passou alguns anos se preparando para isto na academia. Percebemos então que estas duas formações, a inicial e a continuada, se completam. Como conclusão para nossa investigação, podemos responder às questões relacionadas diretamente com os nossos objetivos, que são estas:

Como os professores utilizam as analogias no ensino de isomeria (3D)?

Nesta pesquisa verificamos que os professores experientes carregam consigo os saberes relevantes para produção de uma boa aula, embora que de forma desarticulada ou, desprovida de certa racionalidade, assim assinalamos na pesquisa. Pode-se perceber que a utilização de modelos analógicos em suas práticas de ensino é comum, pois é através desses instrumentos que desenvolveram suas formas de explicar, como o fazem com o conteúdo de isomeria (3D). É provável que outros professores de Química tenham uma prática similar aos professores P1, P2 e P3, uma vez que o ensino da isomeria (3D) é repleto de pormenores conceituais e exige um repertório amplo, conforme estes mesmos professores demonstraram, ainda que em falta sobre alguns requisitos relacionados aos saberes que deveriam apresentar, para promover eficazmente sua prática como, por exemplo, a avaliação concomitantemente ao processo de ensino e a reflexão, que exigem maior qualificação do professor.

Todavia, as bases para que o professor se profissionalize são fornecidas na formação inicial, e este deverá sair preparado para as adversidades, apresentando conhecimentos que serão aprimorados com o tempo de profissão, como, por exemplo, o conhecimento sobre os modelos de ensino, como aqueles modelos que utilizam as analogias e que promovem a interação entre professores e alunos, além do conhecimento do conteúdo, o qual está presente nos currículos dos cursos de graduação. Ademais, outros conhecimentos também são

necessários, o que não significa dizer que os professores o adquirirão único e exclusivamente na academia.

Sobre o conhecimento do currículo ficou evidenciado, em nossa pesquisa, que os professores apresentaram algumas limitações, pois não se pode conceber àqueles que irão ensinar o reducionismo do conhecimento, mesmo que seja parcial, dos conteúdos que precisarão trabalhar em sala de aula, o que ocorreu por tratarem um conteúdo de isomeria (3D) como “simplório”. Verificou-se também, que o conhecimento pedagógico do conteúdo, que é desenvolvido pelo professor em ação, na sala de aula, apresentou fragilidades e pendências, fato observado na utilização espontânea das analogias como modelos de ensino. Apesar dos professores utilizarem modelos analógicos em sala de aula, ficou evidente que se os fizessem de modo racional, como sugerido por algumas metodologias, conseguiriam, inevitavelmente, melhores resultados.

As análises dos casos presentes em nossa pesquisa apontaram para uma necessidade importante e preponderante para a ação de professores que já estão ministrando aulas, que é a da formação continuada está relacionada diretamente com as suas práticas educativas. Percebeu-se em nossa pesquisa, um distanciamento dos professores com relação ao conhecimento pedagógico do conteúdo, fato que demonstra uma distância, também, com relação às pesquisas relacionadas ao ensino de Química, ou de forma mais geral, ao ensino de Ciências. Também, ficou mais evidente nessa pesquisa, a questão da “simplificação do ensino de ciências” apontada pelos professores, uma vez que o conteúdo trabalhado em sala é de um grau de abstração elevado, o de isomeria (3D), e, entretanto, os professores trataram-no de forma relativamente simples, com estratégias comuns, indicando mais uma vez a falta de conhecimento das pesquisas relacionadas às representações Químicas e as relacionadas à formação do professor de Química.

Ressalta-se também que o estudo de caso, outrora realizado, reflete uma realidade comum dessa classe, a dos professores de Química, e, podemos sugerir para esses professores, independentes de serem formados a recentemente ou há muito tempo, que precisam compreender a necessidade da reflexão em sua profissão, relativo ao saber, as concepções, pois, todos estes aspectos não são imutáveis e estão em constante progressão. É preciso então, que o professor se aproprie de seu desenvolvimento profissional, para que obtenha melhores resultados no processo o qual faz parte, o de ensinar.

Quais os principais modelos didáticos, na forma de analogias, utilizados por professores de Química ao ensinarem a isomeria (3D)?

Como resultados relevantes em nossa pesquisa e respondendo a nossa questão principal assinalamos que mesmo de forma espontânea os professores utilizaram três tipos de modelos analógicos em sala de aula, que são, *analógico concreto*, que ajuda na explicação de estruturas moleculares de difícil visualização espacial, *analógico operacional*, que é comum em sala de aula quando se quer demonstrar determinada propriedade das substâncias, especialmente em nível atômico-molecular e por último a utilização de *múltiplas analogias*, observado quando o professor quer esclarecer algo que os alunos têm dificuldade de compreender pelo grau de abstração, pela falta de habilidade de transitar entre níveis diferentes de representação, sendo o professor levado a adequar um modelo mais adequado para facilitar, apresentando portanto, várias analogias para explicar um mesmo fenômeno.

Quais os conhecimentos base para a utilização dos modelos didáticos no ensino de isomeria (3D), que deveriam ser construídos na formação de professores?

Com relação aos saberes docentes, este estudo de caso assinala para várias lacunas identificadas, relacionadas ao modo como tais professores utilizam as analogias na formulação de seus modelos explicativos. Ficou evidente que em relação ao *conhecimento do conteúdo* os professores em geral não contextualizaram, fato relacionado ao conhecimento histórico dos conteúdos e, também, geralmente não avaliam criticamente o nível de linguagem que estão utilizando em suas explicações e não verificam os conhecimentos dos alunos relacionados com o conteúdo que seria iniciado o estudo, são os chamados conhecimentos prévios.

Para o *conhecimento pedagógico do conteúdo*, aquela espécie de amálgama entre o conhecimento da matéria e a pedagogia, constituindo uma esfera exclusiva dos professores, sua forma especial de compreensão profissional, os professores demonstraram desenvoltura fraca, aquém da que poderíamos esperar, e colocando em evidência a necessidade de ativar em cursos de formação desses professores alguns processos simples e que tenham resultados práticos, mesmo que sejam breves, colaborando para a facilitação do modo como os alunos aprendem. O fato de apresentarem três modelos analógicos para suas explicações revela que a experiência profissional está repleta de ideias relacionadas a forma como devem tratar os conteúdos de química, procurando expor tais conteúdos de forma a que os alunos possam melhor compreender. Fizeram demonstrações, comentários, apresentaram certa sequência na exposição dos conteúdos, todavia, de uma forma superficial, aparentemente espontânea, revelando uma contaminação pela prática que carregam, mas desprovidos de uma certa

racionalidade, de reflexão, e até certa medida, pouco comprometimento com as suas ações em sala de aula.

Para o *conhecimento do currículo*, que dá uma especial ênfase aos materiais e programas que servem como ferramentas para o ofício do professor, identificou-se uma grande dificuldade apresentada pelos professores, pois, houve certa discrepância apresentadas por esses, com relação aos conteúdos que os alunos deveriam saber para aprender a isomeria (3D), como que a determinação de tais conteúdos estivesse relacionada ao que o professor acha e não ao conteúdo em si. Isto é um indício que os professores têm um conhecimento parcial do conteúdo, ou até, apresentam divergências sobre as ferramentas que deveriam apresentar para o ensino do conteúdo em questão, a isomeria (3D).

Finalmente, em nossa pesquisa, ficou caracterizado que os professores de Química possuem limitações concernente ao raciocínio pedagógico, fato de certa forma esperado após a constatação de deficiências com relação aos saberes do conteúdo, pedagógico do conteúdo e do currículo, conforme vimos. Os professores até conseguem trabalhar de uma forma adequada o início do conteúdo de isomeria (3D), todavia, perdem-se em seus raciocínios pedagógicos ao avançarem, apresentando lacunas com relação a alguns itens necessários ao fechamento desse raciocínio. Até que apresentaram *compreensão* do conteúdo a ensinar e tentaram produzir a *transformação* deste conteúdo para que os alunos o compreendessem melhor. Entretanto, quanto aos itens *instrução, avaliação, reflexão e nova compreensão* deixaram à desejar, revelando-se tais lacunas como sugestão para abordagem na formação desses docentes, visando saná-las. Provavelmente, uma formação com este foco facilitará a abordagem do conteúdo da isomeria (3D) e estreitaria a distância apresentada com relação aos saberes que deveriam apresentar na abordagem de tal conteúdo.

REFERÊNCIAS

ALARCÃO, I. **Reflexão crítica sobre o pensamento de D. Schön e os programas de formação de professores.** Em: ALARCÃO, I, (org) Formação reflexiva de professores – Estratégias de supervisão. Portugal: Porto Editora, 1996.

AMARAL, L. do, **Química Orgânica.** 2ª edição, Moderna, 1985, 498 p.

ASIMOV, I. **Breve historia de la química: Introducción a las ideas y conceptos de La química.** El libro de bolsillo Ciencia y técnica Alianza Editorial, 2003, 141 p.

BRAVO, M. P. C., EISMAN, L. B. **Investigación Educativa,** 3ª Ed. Sevilla: Ediciones Alfar, 1998.

BARBOSA, J. U., et al. Analogias para o Ensino de Bioquímica no Nível Médio. **Revista Ensaio,** Belo Horizonte, v. 14, n. 01, p. 195 – 208. 2012.

BEN-ZVI, R., EYLON, B., SILBERSTEIN, J. Is an atom of copper malleable? **Journal of Chemical Education,** 63, 64-66. 1986.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio:** ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Ministério da Educação / Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 1999.

CAMPOS, A. F., MARCELINO Jr, C. A. A., SIMÕES NETO, J. E. Abordando Isomeria em Compostos Orgânicos e Inorgânicos: Uma Atividade Fundamentada no Uso de Situações-Problema na Formação Inicial de Professores de Química. **Investigações em Ensino de Ciências** – v.18, n. 2, pp. 327-346, 2013.

CASTILHO, D.V., SILVEIRA, K. P. Machado, A. H. As Aulas de Química como Espaço de Investigação e Reflexão. **Química Nova na Escola.** p. 21 – 24. Nº 9, Maio/1999.

CLEMENT, J. Learning via construction and criticism. Em: Glover, J.A.; Ronning, R.R. e Reynolds, C.R. (Eds.). **Handbook of Creativity**. New York: Plenum, p. 341-381, 1989.

_____. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, 22, 1041-1053, 2000.

CORREIA, M. E. A., et al. Investigação do Fenômeno de Isomeria: Concepções Prévias dos Estudantes do Ensino Médio e Evolução Conceitual. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 02, p. 83 – 100. 2010.

COSTA, R. G., PASSERINO, L. M., ZARO, M. A. Fundamentos Teóricos do Processo de Formação de Conceitos e Suas Implicações para o Ensino e Aprendizagem de Química. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 01, p. 271 – 281. 2012.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DA PAZ, A. M., et al. Modelos e Modelização do Ensino: Um Estudo da Cadeia Alimentar. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 8, n. 02, p. 133 – 146. 2008.

DENZIN, N. **The research act**, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1984.

DIAS, K. A. F., CARDOSO, A.A. Aspectos Macro e Microscópico do Conceito de Equilíbrio Químico e de Sua Abordagem em Sala de Aula. **Química Nova na Escola – Pesquisa no Ensino de Química**. Nº 27, p. 51 – 56. Fevereiro, 2008.

DRIVER, R., et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola**, n. 9, p. 31-40, 1999.

DUARTE, M. C. Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, p. 7-29, 2005.

DUIT, R. On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. **Science Education**, 75 (6), 649-672. 1991.

ECHEVERRÍA, A. R., GUIMARÃES, G. M. A., MORAES, I. J. Modelos Didáticos no Discurso de Professores de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 11, n. 3, p. 303-322, 2006.

FERRAZ, D. F., TERRAZZAN, E. A. Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? **Ciência & Educação**, v. 9, n° 2, p. 213-227, 2003.

FERREIRA, P. F. M., JUSTI, R. S. Modelagem e o Fazer Ciências. **Química Nova na Escola**. Nº 28, Maio, 2008.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. A Abordagem do DNA nos Livros de Biologia e Química do Ensino Médio: Uma Análise Crítica. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, 2004.

FIORENTINI, D. S., MELO, G.F. **Saberes docentes: Um desafio para acadêmicos e práticos** In: GERALDI, C. (org). **Cartografias do trabalho docente: Professor(a)-pesquisador(a)**. Campinas: Mercado das Letras, ALB, 1998.

FREITAS, L. P. S. R. **O Uso de analogias no ensino de química: uma análise das concepções de licenciandos do curso de química da UFRPE**. Dissertação de Mestrado. 193, 2011.

GAIA, S., CESÁRIO, M., TANCREDI, R. M. S. P. Formação Profissional e Pessoal: A trajetória de vida de Shulman e suas contribuições para o campo educacional. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 1, n. 1, pp. 141-145. set. 2007.

GARCÍA, C. M., **A formação de professores: novas perspectivas baseadas na investigação sobre o pensamento do professor**. Em: NÓVOA, A. (org) Os professores e sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

GABEL, D. L., SAMUEL, K. V., HUNN, D. Understanding the particulate nature of matter. **Journal of Chemical Education**, 64, 695-697. 1987.

GIORDAN, M. O papel da experiência no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**. 43-49. 10. 1999.

GIORDAN, A., VECCHI, G. **As Origens do Saber das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Editora Artes Médicas, 2ª edição, Cap. 3, p. 75 – 100, Porto Alegre, 1990.

GILBERT, J. K., BOULTER, C.J. Stretching models too far. **Annual Meeting of the American Educational Research Association**. Anais...San Francisco, 1995.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOY, L. A. Sobre la estructura de las analogías em ciências. **Interciencia**, 27(8): 422-429, 2002.

GOIS, J., GIORDAN, M. A Semiótica na Química: A Teoria dos Signos de Peirce para Compreender a Representação. **Química Nova na Escola**. Nº 7, p. 34 – 42. Dezembro, 2007.

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: Uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências – V7(1)**, pp. 31-53, Canoas, RS. 2002.

HERNANDEZ, F. ¿Como aprenden los docentes? **Cooperacion Educativa**, nº 42-43, p. 120-127, 1996/97. Disponível em http://www.quadernsdigitals.net/index.php?actionMenu=hemeroteca.VisualizaArticuloU.visualiza&articulo_id=1019. Acessado em dezembro de 2014.

HOFFMANN, R., LASZLO, R. **Representation in chemistry**. *Angewandte Chemie*, 30, 1-16. 1991.

KRAPAS, S., QUEIROZ, G., COLINVAUX, D., FRANCO, C. Modelos: Uma Análise de Sentidos na Literatura de Pesquisa em Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências (UFRGS)**, Porto Alegre, v. 2, n. 3, p. 185 – 2005, 1997.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. **Journal of Research in Science Teaching**, 30(8), 883-903. 1993.

KOZMA, R. B.; Chin, E., RUSSEL, J., MARX, N. The roles of Representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. **Journal of the Learning Sciences**, 9(2), 105-143. 2000.

KRAJCIK, J.S. **Developing students' understanding of chemical concepts.** In S. M. Glynn, R.H. Yeany, & B.K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science: International perspective on the psychological foundations of technologybased learning environments* (p. 117-145). Hillsdale, NJ: Erlbaum. 1991.

KURBANOGLU, N.I.; TASKESENLIGIL, Y.; SOZBILIR, M. Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, 7, 13-21, 2006.

JIMÉNEZ, R.B. **Uma escola para todos: A integração escolar.** In: JIMÉNEZ, R.B. (Coord.) *Necessidades educativas especiais*. Lisboa: Dinalivro, p. 21-35, 1997.

JUSTI, R., MENDONÇA, P. C. C., OLIVEIRA, M. M. Analogias sobre Ligações Químicas Elaboradas por Alunos do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Disponível em http://www.fae.ufmg.br:8080/ab_rapec/revista/index.html.

KURBANOGLU, N.I., TASKESENLIGIL, Y., SOZBILIR, M. Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, 7, 13-21, 2006.

LIMA, A. A., NUNES, I. B. A Análise do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo no Planejamento de Atividades com a Utilização de Modelos no Ensino de Química. Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola** – Pesquisa no Ensino de Química. Vol. 35. Nº 1, Fevereiro, 2013.

LIMA, M. B., NETO, P. L. Construção de Modelos para Ilustração de Estruturas Moleculares em Aulas de Química. **Química Nova na Escola**. p. 903 –906. 2010.

LOPES, A. R. C. O Ensino Médio em Questão. **Química Nova na Escola**. p. 11 – 14. Nº 7, Maio/1998.

LOPES, J. VYGOTSKY – O Teórico Social da Inteligência. **Nova Escola**. p. 33 – 38. Dezembro/1999.

MERRIAM, S. B. **Qualitative research and case study applications in education**. São Francisco (CA): Jossey-Bass, 1998.

MINAYO, M. C. S. et al. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994.

MELO, M. R., SANTOS, A. O. **Representações, limitações conceituais e concepções alternativas sobre equilíbrio químico presentes em um livro didático para o ensino superior**. VII Encontro Paulista em Ensino de Química (VII EPPEQ). Santo André (SP) 23,24 e 28 de Abril de 2013.

MILAGRES, V. S. O., JUSTI, R.S. **Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico**. Química Nova na Escola – Pesquisa no Ensino de Química. Nº 13, Maio, 2001.

MÓL, G. S. **O Uso de Analogia no Ensino de Química**. Tese (Ensino de Química) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 284 p. 1999.

MORRISON, R. BOYD, R. **Química Orgânica**. 6ª edição, Gulbenkian, 1396 p.345. 1972.

MORTIMER, E. Construindo o Conhecimento Científico em sala de aula. **Química Nova na Escola**. p. 31 – 40. Nº 9, Maio/1999.

MALDANER, O. A. **A Formação Inicial e Continuada de Professores de Química – Professores /Pesquisadores**. Ijuí: UNIJUÍ, 2003.

MALDANER, O. A., et. al. **Pesquisa sobre Educação em Ciências e Formação de Professores**. Em: SANTOS, F. M. T. dos e GRECA, I. M. (org) A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias. Ijuí: UNIJUÍ, 2006.

NÓVOA, A., **Formação de professores e profissão docente**. Em: NÓVOA, A. (org) Os professores e sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

NYE, M. J. **From chemical philosophy to theoretical chemistry**. Berkeley C.A. University of California Press. 1993.

NUNES, C. M. F. Saberes docentes e formação de professores: um breve panorama da pesquisa brasileira. **Educação & Sociedade**. Ano XXII, nº 74, 2001.

OLIVA, J. M^a, et al. Uma propuestadidáctica, basada em lainvestigacion, para el uso de analogias em laenseñanza de lasciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 453-470, 2001. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

PACCA, J. L. A. O profissional da educação e o significado do planejamento escolar: problemas dos programas de atualização. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 39- 44, 1992.

PÉREZ, R. J., AGUADO, A. M. W. ¿Es posibleel cambio enlos modelos didácticospersonales?: Obstáculos enprofesores de Ciencias Naturales de Educación Secundaria.. **Revista Interuniversitaria de Formación Del Profesorado**, n. 46, p. 113-131, 2003.

PÉREZ, D. G.; CARVALHO, A. M. P. **Formação de Professores de Ciências**. Cortez, 120 p, 1998.

PORLÁN, R. ¿Quésaben y quédeberían saber losalumnos de Primaria sobre elmedio? **Investigación en La Escuela**, 42, 5- 17; 2000.

QUEIROZ, S. L.; BATISTA, A. A. Isomerismo cis-trans: de Werner aos nossos dias. **Química Nova**, 21, 2, 193-201, 1998.

RAUPP, D.; SERRANO, A.; MOREIRA, M.A. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. Vol. 9 N° 1 p.18-34. 2010.

RAVIOLO, A., GARRITZ, A. Analogias no Ensino de Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**. Vol. 35. N° 27, Fevereiro, 2008.

ROMANELLI, L. I. O Papel Mediador do Professor no Processo de Ensino – Aprendizagem do Conceito de Átomo. **Química Nova na Escola** – Pesquisa no Ensino de Química. N° 3, p. 27 – 31. Maio, 1993.

SÁNCHEZ, M. M. Reflexiones sobre Enseñanza de la Química. **Educación Química**. Segunda época, 11[1]. p. 188 – 190. 2011.

SANGIOGO, F. A., ZANON, L.B. Reflexões Sobre Modelos e Representações na Formação de Professores com Foco na Compreensão Conceitual da Catálise Enzimática. **Química Nova na Escola** – Conceitos Científicos em Destaque. Vol. 34. N° 1, p. 26 – 34. Fevereiro, 2012.

SANTOS JÚNIOR, J. B; MARCONDES, E. R. Identificando os Modelos Didáticos de um Grupo de Professores de Química. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 03, p. 101 – 116. 2010.

SCHNETZLER, R. P., SANTOS, W. L. P. Função Social – O que significa ensino de química para formar cidadão? **Química Nova na Escola**. p. 28 – 35. N° 4, Novembro/1996.

SCHNETZLER, R. P., ARAGÃO, R. M. R. Importância, Sentido e Contribuições de PESQUISAS para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. p.27 – 34. N° 1, Maio/1995.

SCHNETZLER, R. P., ROSA, M. I. F. P. S., **A investigação-ação na formação continuada de professores de ciências**. Ciência & Educação, v. 9, n.1, 2003.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. Estudo da Utilização de Modelagem como Estratégia para Fundamentar uma Proposta de Ensino Relacionada a Energia Envolvida nas Transformações Químicas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**.

SCHÖN, D. A. **Formar professores como profissionais reflexivos**. Em: NÓVOA, A. (org) Os professores e sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

SCHÖN, D. A. **El profesional reflexivo. Cómo piensan los profesionales cuando actúan**. Barcelona: Ediciones Paidós, 1998.

SHULMAN, L. S. **Knowledge and teaching: foundations of the new reform**. **Harvard Educational Review**, 57 (1), p. 1-22. 1987.

_____. L. S. **Those who understand: knowledge growth in teaching**. **Educational Researcher**, 15 (2), p. 4-14. 1986.

_____. L. S. **Just in case: reflections on learning from experience**. In COLBERT, J.; TRIMBLE, K., DESBERG, P. (Eds.). *The case for education. Contemporary approaches for using case methods*. Needham Height: Allyn Bacon, p. 197-217. 1996.

_____. L. S. **Paradigms and research programs for the study of teaching**. In. WITTROCK, M. C. (Ed). *The Handbook of Research on Teaching*. 3rd. Edition. New York: Macmillan, 1986a.

_____. L. S. **Professing the liberal arts**. In: ORILL (Ed.). *Education and democracy: Reimagining liberal learning in America*. New York: The College Entrance Examination Board, In: SHULMAN, L.S. *Teaching as community property. Essays on higher education*. San Francisco: Jossey-Bass, 2004, p. 12-31. 1997.

_____. L. S. **Research on teaching. A historical and personal perspective**. In: OSER, F.K., DICK, A., PATRI, JL. (Eds.). *Effective and responsible teaching: The new synthesis*. San Francisco: Jossey-Bass, p. 14-29. 1992. In: SHULMAN, L.S. *The wisdom of practice. Essays on teaching, learning, and learning to teach*. San Francisco: Jossey-Bass, 2004a, p. 364-381.

SERRANO, G. P. **Investigación cualitativa retos e interrogantes: técnicas y análisis de datos**. Madri, Editorial la Muralha S. A., 1998.

SOARES, B. M., FLORES, M. L.T., SCHEID, N. M. J. **Aproximação entre universidade e escola básica, como uma contribuição na formação inicial de professores de ciências biológicas**. IV ENCONTRO IBERO-AMERICANO DE COLETIVOS ESCOLARES E REDES DE PROFESSORES QUE FAZEM INVESTIGAÇÃO NA SUA ESCOLA, Lajeado – Rio Grande do Sul. 2015.

STAKE, R. E. **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1995.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: Elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**. n. 13, 2000.

TRINDADE, J. O., HARTWIG, D. R. Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. **Química Nova na Escola – Pesquisa em Ensino**. Vol. 34, Nº 2, p. 83 – 91. Maio, 2012.

TERRAZZAN, E. A., et al. ‘**Analogias no ensino de ciências: resultados e perspectivas**’. In: Anais do III Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Porto Alegre/BRA. 2000.

TREAGUST, D. F. et al. ‘Science teachers’ use of analogies: observations from classroom practice’. In: **Int. J. Sci. Educ.**, 14 (4), 413-422. 1992.

WU, H. K., KRAJCIK, J. S., SOLOWAY, E. Promoting conceptual understanding of chemical representations: students’ use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, 38, 821-842. 2001.

YIN, R. **Case Study Research: Design and Methods** (2ª Ed) Thousand Oaks, CA: SAGE Publications. 1994.

ZEICHNER, K. **Novos caminhos para o practicum: uma perspectiva para os anos 90.**

Em: NÓVOA, A. (org) Os professores e sua formação. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1997.

YANG, W. K., FANG, T. S.. Problem-solving in inorganic stereochemistry for novice science major students. **Chemical Education Journal**, 4, 1, 2000.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO PROPOSTO

- 01 – Quais as dificuldades que você, como professor, enfrenta ao tratar do conteúdo de isomeria (3D) em sala de aula?
- 02 – Estabelecer uma sequência de conhecimentos (conteúdos) que você considera importante o aluno saber antes de uma aula de isomeria (3D)?
- 03 – Quais os recursos que você utiliza em sala de aula quando aborda a isomeria (3D)?
- 04 – O recurso citado por você facilita em que a compreensão dos alunos?
- 05 – Você considera que o aluno “aprendeu” o conteúdo de isomeria (3D) se ele for capaz de fazer o que?