

# Análise dos questionamentos do professor em uma sequência de ensino sobre equilíbrio químico fundamentada em modelagem analógica.

\*Gabriela Mara de Paiva Campos Andrade<sup>1</sup> (PG), Nilmara Braga Mozzer<sup>1</sup> (PQ).  
*gabrielamaraandrade@outlook.com*

1. Programa de Pós-graduação em Educação, ICHS, Mariana, MG. Universidade Federal de Ouro Preto.  
*\*gabrielamaraandrade@outlook.com*

*Palavras-Chave: Questionamentos de professor, Modelagem analógica, equilíbrio químico.*

## RESUMO:

Nesse trabalho investigamos o papel dos questionamentos de uma professora em uma sala de aula de Química do segundo ano do ensino médio, em que foi aplicada uma sequência de atividades fundamentadas em modelagem analógica sobre o tema equilíbrio químico. As aulas foram registradas em vídeo e transcritas na íntegra. Os dados de um grupo de 4 estudantes de uma das turmas foram analisados com base na tipologia de questionamentos proposta por Chin (2007). Os tipos de questionamentos da professora que levaram a um desenvolvimento nos conhecimentos dos estudantes em cada uma das etapas da modelagem analógica foram identificados e tiveram seus papéis analisados. Os resultados evidenciaram que tais questionamentos foram os principais responsáveis por minimizar as dificuldades dos estudantes em cada uma das etapas da modelagem analógica, contribuindo decisivamente para a construção de conhecimentos científicos.

## INTRODUÇÃO

A aprendizagem em Ciências implica em aprender a falar a linguagem científica e em apropriar-se desta para desenvolver habilidades como: escrita, oralidade, raciocínio e resolução de problemas, tanto durante as aulas de Ciências quanto na vida cotidiana. Objetivando o desenvolvimento dessas habilidades por parte dos estudantes, percebe-se que o papel do professor torna-se fundamental, uma vez que os processos e as interações envolvidos na construção de significados são mediados pela linguagem e que esta permeia as interações que o professor estabelece com os estudantes como uma fonte primária de informações (CHIN, 2007).

Cazden (2001) ressalta a necessidade de se analisar as relações entre as interações iniciadas pelos professores por meio de questionamentos e o processo de aprendizagem dos estudantes, justificando que esses questionamentos possibilitam tornar a aprendizagem um processo interpretativo, envolvendo construções individuais e colaborações sociais. Isso sugere que os questionamentos dos professores sejam componentes chave no discurso da sala de aula, sendo uma ferramenta com grande potencial para auxiliar a atribuição de significados na construção do conhecimento científico.

Devido à relevância das interações discursivas em geral e desse componente, em particular, no ensino de Ciências, diferentes autores se dedicam a estudá-las, o que tem trazido importantes contribuições para o campo. Lemke (1997), por exemplo, propõe uma estrutura para análise do discurso em salas de aula de Ciências, conhecida como “diálogo triádico”. Nesta, o discurso do professor consiste tipicamente em três movimentos: a *iniciação* (geralmente através de uma pergunta do professor); a *resposta do aluno*; e a *avaliação do professor*. Essa estrutura é conhecida na literatura como “IRE” (*initiation-response-evaluation*) ou, em português, “IRA” (iniciação-resposta-avaliação). O próprio autor ressalta que essa, como qualquer outra estrutura de análise

de discurso proposta, deve se adequar à estratégia utilizada em sala de aula para não se tornar engessado, incapaz de refletir a dinâmica das interações. Afirma também que em interações desse tipo, os estudantes usam a linguagem científica ao ler e ouvir, mas utilizam-na de maneira limitada nos momentos de expressão por meio da fala ou de maneira concreta (desenhos, imagens, modelos concretos). O autor adverte que essa deficiência pode comprometer o desenvolvimento de habilidades como argumentação, raciocínio crítico e oralidade científica. Portanto, conhecer mais sobre as interações discursivas pode auxiliar professores e pesquisadores no desenvolvimento de intervenções mais eficazes.

Na tarefa de co-construção de significados em sala de aula, os questionamentos do professor podem assumir alguns papéis que têm sido destacados na literatura (BLOOM; ENGLEHART; FURST; HILL; & afetivo, 1956; BLOSSER, 1973; CARR, 1998; ELSTGEEST, 1985; ALFKE, 1974; e KOUFETTA-MENICOU & SCAIFE, 2000), sendo os principais: diagnosticar, dialogar, incentivar o estudante a elaborar suas respostas anteriores, ajudar o estudante a construir conhecimento científico.

Diante da potencialidade desses questionamentos e considerando que o conhecimento científico é construído nas interações sociais que ocorrem a todo momento em sala de aula, Chin (2007) propôs, a partir de uma análise do discurso em salas de aula de Ciências, uma tipologia para os questionamentos de professores que, de alguma forma, estimularam o pensamento produtivo dos estudantes. Nessa categorização, a autora levou em consideração os aspectos que Carlsen (1991, *apud* CHIN, 2007) julga essenciais para caracterizar os questionamentos como interações sócio linguísticas: o *contexto das perguntas*; o *conteúdo das perguntas*; e *as respostas e reações às perguntas*.

Quatro categorias foram propostas por Chin (2007): *Questionamento socrático* (incentiva a fala dos estudantes a partir de perguntas que guiam o pensamento deles); *Tapeçaria semântica* (ajuda os estudantes a entrelaçar as ideias diferentes e conceitos abstratos em um quadro conceitual); *Enquadramento* (uso de perguntas para enquadrar/situar um problema, uma questão ou tema de maneira a estruturar a discussão que se segue); *Quebra cabeça verbal* (concentra-se na utilização de terminologia científica, uso de palavras-chave e frases na formulação de declarações proposicionais integradas). Uma versão mais detalhada dessas categorias e suas subcategorias é apresentada na seção “Metodologia de análise” deste trabalho.

O caráter amplo de abordagem dos questionamentos proposta por Chin (2007) reflete bem as diferentes e diversidade das interações que necessitam ser vivenciadas quando se almeja engajar estudantes com diferentes *background* e conhecimentos prévios na construção de conhecimentos científicos. Neste sentido, por considerarmos que as atividades de ensino fundamentadas na modelagem analógica apresentam tal potencial de engajamento, nos propusemos neste trabalho a analisar os questionamentos de professores nessas atividades, com base nas categorias de Chin.

#### ENSINO FUNDAMENTADO EM MODELAGEM ANALÓGICA

Justi e Gilbert (2002), propuseram um diagrama na tentativa de caracterizar o complexo processo da modelagem científica, o qual envolve ciclos recorrentes de *produção* e *expressão* de um modelo, *testes* empíricos e/ou mentais e *avaliação* deste modelo. Tais testes podem resultar na modificação ou, em certos casos, até na rejeição do modelo produzido. Estas são etapas não lineares, dinâmicas e interdependentes, como representado na versão simplificada do diagrama proposto originalmente pelos autores (figura 1).

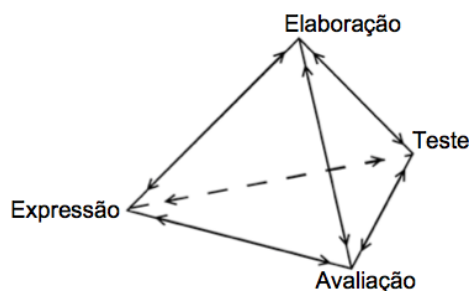


Figura 1 – Versão simplificada do Diagrama do modelo de modelagem (Justi, 2011).

Mozzer e Justi (2009), buscaram conjugar a modelagem e a elaboração, crítica e refino de analogias<sup>1</sup> pelos próprios estudantes em um processo que denominaram *modelagem analógica*. De maneira geral, a modelagem analógica constitui-se das seguintes etapas:

- *Elaboração*: definir os objetivos da analogia, o que a analogia pretende descrever, explicar ou prever; ter experiências com o domínio alvo, obter informações iniciais sobre a entidade a ser modelada; selecionar a origem, os aspectos da realidade usados para descrever o alvo e; elaborar o modelo mental, início do estabelecimento das relações analógicas com o alvo.
- *Expressão*: expressar verbalmente a analogia criada. Nesta etapa, tal expressão ocorre posteriormente à expressão (material, visual, matemática ou verbal) do modelo criado pelo estudante, o qual irá embasar a comparação.
- *Teste*: realizar testes mentais das relações analógicas estabelecidas entre os domínios análogo e alvo e das diferenças<sup>2</sup> entre eles. Se nessa etapa a analogia falhar, ou seja, as diferenças entre os domínios superarem as relações de similaridade que eles estabelecem, os estudantes têm de reformulá-la ou propor outra.
- *Avaliação*: identificar quais aspectos do análogo e do alvo comparados podem e quais não podem ser mapeados (limitações da analogia) e os casos em que ela se aplica (abrangência da analogia).

Sequências de ensino fundamentadas nesse processo têm sido desenvolvidas e investigadas pelas autoras e seus colaboradores em diferentes contextos de ensino (MOZZER; JUSTI, 2009; MOZZER; JUSTI, 2013; SILVA; MOZZER, 2015). Os resultados desses estudos têm evidenciado que elas podem contribuir para a construção de conhecimentos científicos ao engajar os estudantes em um processo que requer deles criatividade, raciocínio e criticidade na construção e (re)construção dos modelos e analogias.

Nessas sequências, o professor desempenha o papel de guiar os estudantes nas diferentes etapas da modelagem e minimizar suas dificuldades na elaboração e desenvolvimento de seus modelos e analogias. Por sua natureza, tais sequências de ensino são propulsoras da ocorrência de questionamentos dos professores e, nesse sentido, justificam nosso interesse em estudá-los.

Por isso, apostamos em uma estrutura de categorias mais amplas como a proposta por Chin (2007) na tentativa de captarmos mais detalhes sobre o *papel dos*

<sup>1</sup> As analogias são entendidas como comparações de *relações* entre um domínio conhecido (análogo) e outro desconhecido ou pouco conhecido (alvo). (GENTNER, 1989).

<sup>2</sup> As diferenças ou limitações de uma analogia são aspectos do análogo e do alvo que não podem ser colocados em correspondência (mapeamento) (MOZZER; JUSTI, 2015).

*questionamentos dos professores em atividades de ensino fundamentadas na modelagem analógica.*

#### SEQUÊNCIA DE ENSINO

A sequência consiste de 4 atividades fundamentadas em modelagem analógica que tem como objetivos familiarizar os estudantes com as analogias e diferenciá-las de outras comparações e trabalhar aspectos qualitativos do equilíbrio químico, como: reversibilidade; coexistência de reagentes e produtos e dinamicidade (MAIA, 2006; SILVA, 2015). Essas atividades são descritas de maneira sucinta a seguir.

Na *atividade introdutória*, são apresentados um slogan de uma marca e transcrições de vídeos que contêm diferentes tipos de comparações, entre eles analogias. Nas questões da atividade são explicitadas as relações de domínios análogos e alvos e discutidas as diferenças entre as comparações.

A *segunda atividade* consiste na apresentação de um vídeo que contém um experimento, no qual observamos a reversibilidade das reações químicas no sistema gasoso tetróxido de dinitrogênio ( $N_2O_4$ )/dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ). No vídeo, os tubos contendo esses gases, são colocados sob resfriamento e aquecimento.

Nessa atividade era solicitado ao estudante a elaboração de modelos e analogias para explicar o comportamento desse sistema. A equação que representa o equilíbrio do sistema foi apresentada aos estudantes, bem como as evidências relacionadas à mudança de coloração foram discutidas.

A *terceira atividade* consistia da apresentação de dois vídeos, os quais tratavam do equilíbrio químico entre os íons cromato ( $CrO_4^{2-}$ ) e dicromato ( $Cr_2O_7^{2-}$ ). O primeiro deles evidencia a reversibilidade das reações em presença de  $H^+$  e de  $OH^-$  em um sistema rico em cromato e outro rico em dicromato; o segundo evidencia a coexistência de reagentes e produtos pela precipitação de cromato de bário após a adição de  $Ba^{2+}$  em ambos os sistemas mencionados anteriormente. Nessa atividade, como na anterior, a equação foi apresentada, as evidências foram discutidas e o estudante foi solicitado a elaborar uma explicação para o que ocorre no novo sistema, revendo seus modelos e analogias anteriores e, se necessário, modificando-os ou elaborando novos. Ao final dessa atividade, os estudantes socializaram suas comparações e avaliaram-nas criticamente.

A *quarta atividade* consistia em propor uma nova situação problema, para os estudantes, com o objetivo de contemplar a etapa de *avaliação* dos modelos e das comparações elaboradas por eles. É apresentado aos estudantes o “galinho do tempo”, uma miniatura de galo que possui algumas partes da superfície de sua asa revestida com um composto de cobalto, que sofre alterações na cor, quando colocado em ambientes secos ou úmidos. Os estudantes foram solicitados a utilizar as analogias já elaboradas na tentativa de explicar o comportamento do sistema. O objetivo principal dessa atividade era identificar a abrangência de suas analogias diante da nova situação.

#### METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS

A sequência de ensino foi aplicada em uma escola estadual do município de Mariana-MG. A escolha dessa escola ocorreu devido à disponibilidade e abertura da professora, além do seu interesse em aperfeiçoar a sua prática de ensino. Em seu curso de formação inicial a professora relatou ter discutido sobre atividades de modelagem e ter aplicado uma sequência didática sobre a temática equilíbrio químico

(a mesma investigada neste estudo) ao ter participado do PIBID (Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência).

A sequência foi aplicada em duas turmas do segundo ano do ensino médio; uma delas constituída de 20 estudantes e a outra com 12 estudantes. Em ambas utilizamos 10 aulas de 50 minutos cada. Os estudantes foram divididos em grupos de 4 a 5 integrantes. Selecionamos os dados de um grupo de 4 estudantes para analisá-los, devido à participação ativa dos integrantes durante as discussões que aconteceram entre eles, com os colegas de outros grupos e com a professora. Vale ressaltar que, embora os estudantes não estivessem habituados a participar de atividades de natureza dialógica naquele contexto escolar, todos demonstraram interesse pelas das atividades, o que foi evidenciado pela não evasão dos mesmos no período de desenvolvimento da sequência.

Antes da realização da pesquisa, todos os participantes assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) aprovado pelo COEP (Comitê de Ética em Pesquisa) da Universidade Federal de Ouro Preto.

Durante a aplicação das atividades, duas pesquisadoras participantes, uma com experiência em modelagem e a outra idealizadora das atividades, estavam inseridas na turma. Esse fato propiciou uma maior segurança para a professora que recorria a estas sempre que tinha dúvidas ou necessitava de auxílio em intervenções específicas. À medida que os estudantes passaram a se sentir confortáveis com a presença delas, eles também requisitaram o seu auxílio.

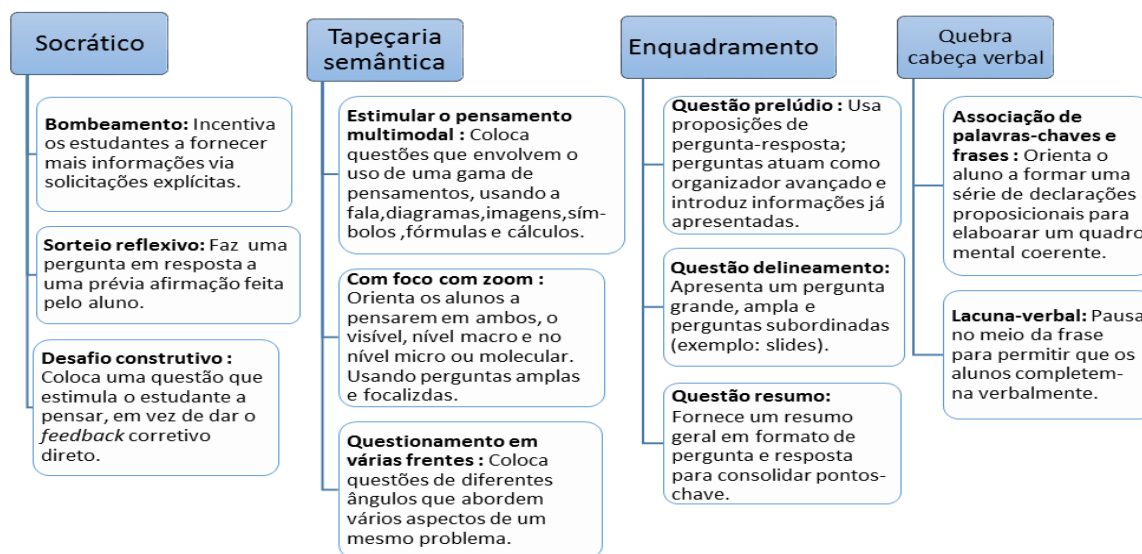
Todas as aulas foram registradas em vídeo. Além disso, os modelos expressos e as atividades redigidas pelos estudantes foram recolhidos e compuseram os *corpus* de dados dessa pesquisa.

#### **METODOLOGIA DE ANÁLISE**

Assistimos todas as aulas e realizamos transcrições na íntegra das interações estabelecidas pelos integrantes do grupo analisado nas segunda e terceira atividades, destinadas a trabalhar os aspectos qualitativos do equilíbrio químico. A última atividade não foi analisada porque, uma vez que se tratava da aplicação das ideias desenvolvidas nas duas atividades anteriores em um outro contexto, os estudantes trabalharam de maneira mais autônoma, sendo poucos os momentos de questionamento da professora nela. Os nomes dos estudantes foram trocados por pseudônimos para manter suas identidades em sigilo.

A partir das transcrições das aulas, iniciamos o processo de categorização dos questionamentos dos professores ao longo da segunda e terceira atividades, com base na categorização proposta por Chin (2007), esquematizadas no quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Tipologia de questionamentos de professores que estimularam o pensamento produtivo em estudantes em aulas de Ciências, segundo Chin (2007).



A categorização foi realizada de maneira independente por cada uma das pesquisadoras e, num processo de triangulação (COHEN, 2011), todas as divergências foram discutidas até estabelecimento de consenso. Durante a categorização, as pesquisadoras perceberam que alguns questionamentos do professor que poderiam ser enquadrados dentro da categoria *tapeçaria semântica* (no sentido de ajudar os estudantes a entrelaçarem ideias na construção de um quadro conceitual coerente), não se enquadravam em nenhuma de suas subcategorias. Esses questionamentos eram todos de um mesmo tipo e estavam diretamente associados ao compromisso do professor com a atividade de modelagem: *checar o desenvolvimento processual dos modelos* elaborados pelos estudantes. Essa subcategoria foi incorporada à estrutura de Chin (2007) para que esta atendesse à especificidade das atividades de modelagem.

Em seguida, os diferentes tipos de questionamentos do professor foram associados às respectivas etapas da modelagem analógica em que ocorreram. Elaboramos gráficos correspondentes a cada uma das atividades analisadas, com a intenção de obter uma melhor visualização da ocorrência desses questionamentos nas etapas que nos possibilitasse inter-relacioná-los. Esses gráficos são apresentados na seção “Resultados e Discussão” desse trabalho.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos gráficos 1 e 2 apresentamos as tipologias dos questionamentos do professor com base nas categorias e subcategorias estabelecidas por Chin (2007) e sua ocorrência nas respectivas etapas do processo de modelagem analógica contempladas nas duas atividades analisadas.

As inter-relações entre os tipos de questionamentos profícuos do professor<sup>3</sup> e as etapas da modelagem analógica são discutidas nessa seção e exemplos de

<sup>3</sup> Denominamos questionamentos profícuos do professor aqueles que possibilitaram que o estudante avançasse na compreensão do conteúdo curricular, de modelos, de analogias ou de procedimentos da modelagem analógica.

algumas das subcategorias são fornecidos no sentido de auxiliar a compreensão dos aspectos discutidos.

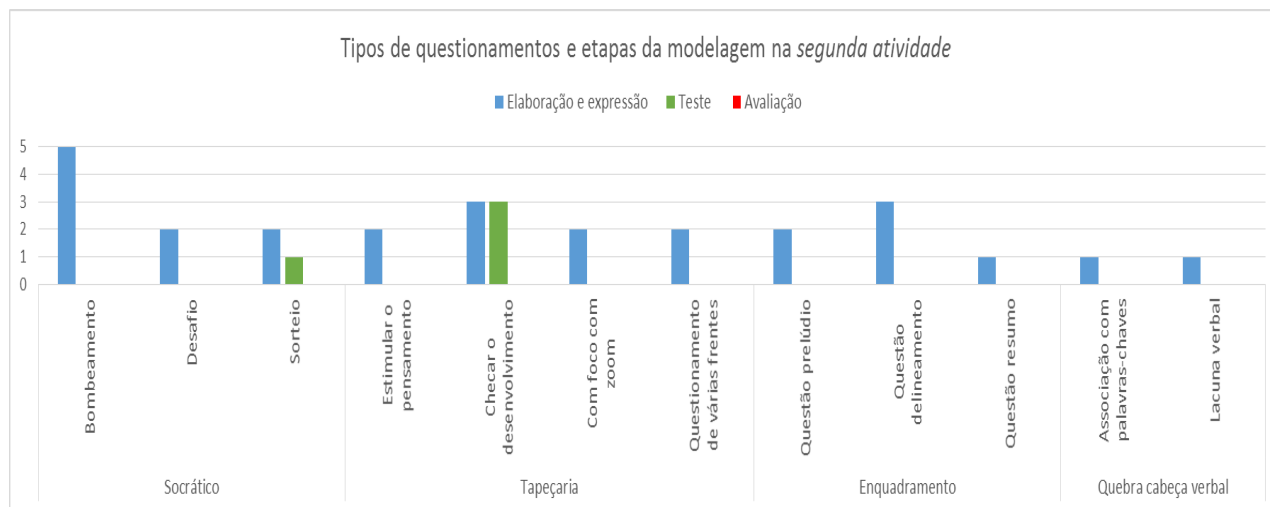


Gráfico 1: Tipos de questionamentos e etapas na modelagem na *segunda atividade*.

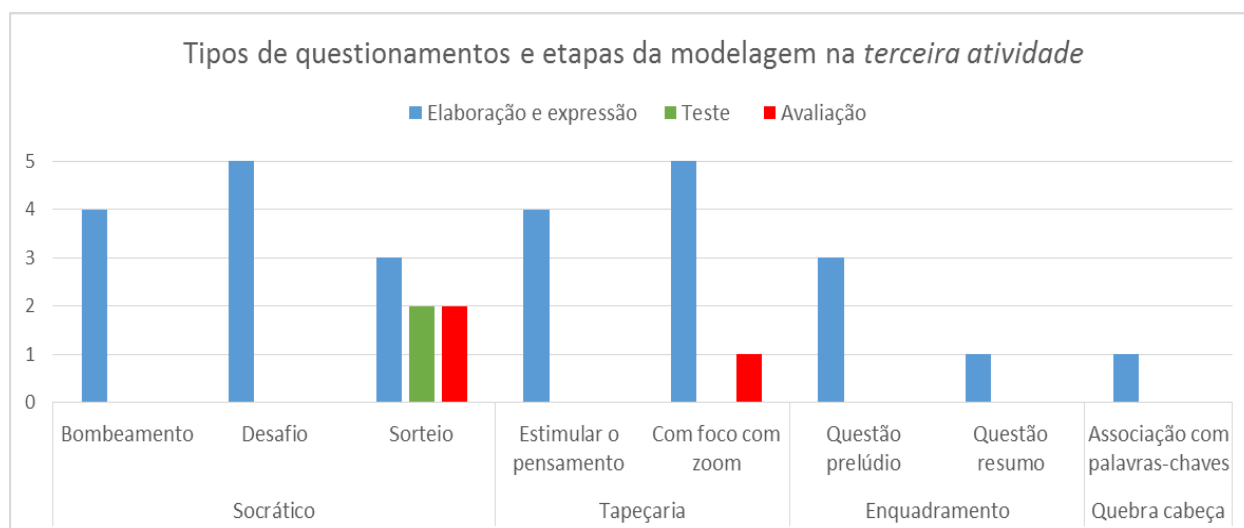


Gráfico 2: Tipos de questionamentos e etapas da modelagem na *terceira atividade*.

Na *segunda atividade* da sequência de ensino o estudante é requisitado a explicar o comportamento do sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$  sob aquecimento e resfriamento apresentado no vídeo e, em seguida, a elaborar modelos e analogias para explicar esse comportamento. Esses processos de elaboração e expressão exigem que os estudantes obtenham informações que os auxiliem na construção dos modelos e analogias e, em paralelo, tenham em mente quais aspectos do sistema observado eles pretendem representar a partir de seus modelos e/ou analogias.

Isso parece justificar a recorrência nessas etapas de questionamentos do professor do tipo *socrático* da subcategoria de *bombeamento* (gráfico 1), uma vez que nelas é fundamental que o professor identifique os conhecimentos prévios que os estudantes trazem e oriente-os na busca por mais informações. Além disso, os estudantes participantes da pesquisa não estavam habituados, naquele contexto escolar, a participar de atividades de natureza dialógica e que exigiam deles uma participação ativa. Por isso, a professora procurava a todo tempo incentivá-los a se expressarem, como ilustra o exemplo desse tipo de questionamento:

Professora: *Esse choque foi efetivo?* (Se refere aos choques entre as moléculas de  $\text{NO}_2$ ).

Manoel: *Foi.*

Professora: *Se transformou no quê?*

Manoel:  $N_2O_4$ .

Professora: *No nosso experimento, esse primeiro momento (aquecimento) que cor ficou evidente?*

Manoel: *Castanho.*

Professora: *Qual era a cor antes, sem colocar o tubo na água?*

Manoel: *Não lembro a cor não.*

A transcrição anterior ilustra o questionamento realizado pela pesquisadora no momento em que os estudantes foram solicitados a elaborar uma explicação para mudança de cor do sistema gasoso, a partir dos modelos produzidos por eles. Observa-se que ela, busca incentivar os estudantes a falar, realizando questionamentos com o objetivo de focar a atenção dos estudantes nas evidências e de trazer informações necessárias para a construção da explicação para o comportamento do sistema.

Outra subcategoria de *questionamentos socráticos* recorrente nas etapas de *elaboração e expressão* foi a de *desafio construtivo* (gráficos 1 e 2) que tem por objetivo incentivar o estudante a refletir e reconsiderar as suas respostas. No exemplo a seguir, a professora solicita que os estudantes expressem através de seus modelos concretos como estão as moléculas do sistema gasoso de  $NO_2/N_2O_4$ .

Manoel: *Você quer saber por que ficou mais clara?*

Professora: *Isso. O que aconteceu dentro do tubo para termos essa coloração mais clara?*

Manoel: *As partículas se separam (se refere às partículas de  $N_2O_4$ ).*

Professora: *Olha, você, me responderam que na água quente as partículas se separam.*

Manoel: *Formou outras, né?*

Pesquisadora 2: *Vamos simular igual vocês fizeram no primeiro em que escureceu, mas agora para este caso.*

Joana: *Eu acho que vai juntar.*

Estela: *É, porque se no outro separou, agora nesse vamos juntar.*

Observamos que a professora realiza questionamentos no intuito de estimular o pensamento dos estudantes, colocando questões para eles pensarem, sem fornecer respostas diretas às suas perguntas. Assim, ela permite que eles construam as suas ideias e reflitam sobre elas à medida que elaboram e expressam seus modelos; nesse caso de formação e quebra de ligações químicas para a formação de novas substâncias.

Ainda, sobre a etapa de *elaboração e expressão*, outro tipo de questionamento que se destaca é *com foco com zoom* da categoria *tapeçaria semântica* (gráfico 2), o qual tem como característica ajudar os estudantes a compreender um conceito, no nível macroscópico (mais abrangente) e nível submicroscópico (em profundidade).

Esse exemplo se refere à *terceira atividade*, que consiste na apresentação de dois vídeos, os quais tratavam do comportamento do sistema em equilíbrio  $CrO_4^{2-}/Cr_2O_7^{2-}$  sob adição de  $H^+$  e  $OH^-$  e sob adição de íons bário ( $Ba^{2+}$ ).

Professora: *Então, como vocês podem explicar esse aspecto (dos sistemas após a adição de  $Ba^{2+}$ )? Olhem só: no primeiro, o sólido não se dissolve. Formamos o cromato de bário. E no segundo, dissolveu tudo, ou não?*

Roberto: *Dissolveu tudo não.*

Professora: *Então, por que dessa diferença?*

Joaquim: *Ah, porque você tem um pouco de cada (se refere ao  $CrO_4^{2-}$  e  $Cr_2O_7^{2-}$ ).*

Professora: *Um pouco de cada, né? Você consegue justificar essa cor?*

Carlos: *Porque tem um pouco de cada, uma metade de cada.*

Percebemos que a professora realiza os questionamentos no intuito de focar a atenção dos estudantes nos aspectos visuais da formação de um sólido insolúvel (cromato de bário), quando adiciona-se íons bário nos tubos contendo íons cromato e



íons dicromato. Isso torna-se relevante, pois o objetivo dessa atividade é discutir a coexistência dos íons cromato e dicromato e, para tal, questionamentos que orientem os estudantes a compreenderem a evidência macroscópica (formação de cromato de bário em ambos os tubos) e a explicá-la no nível submicroscópico, são fundamentais para tentar auxiliá-los na construção e expressão de modelos coerentes de entidades tão abstratas para eles. Até esse momento, os estudantes foram capazes de compreender a coexistência dos íons, apesar de associá-la à igualdade de concentração das espécies.

Observamos que as subcategorias do tipo *questão resumo* (recapitula sucintamente os conceitos-chaves), *associação de palavras-chave e frases*, (reforça o vocabulário científico, auxiliando na elaboração de declarações pelo estudante) e *lacuna verbal* (pausa no meio da frase para permitir que os estudantes completem verbalmente), que ocorreram nas etapas de *elaboração e expressão dos modelos*, tiveram uma pequena recorrência nas segunda e terceira atividades (gráficos 1 e 2), se comparadas às demais. Apesar disso, elas foram importantes nas etapas mencionadas, especialmente para atender àqueles estudantes cuja falta de terminologia científica adequada poderia ser um impedimento para que eles expressassem seus modelos e analogias. Essas questões contribuíram para o engajamento de toda a turma em diferentes níveis de discussão.

Nas etapas de *elaboração e expressão* que ocorreram durante a *terceira atividade* (gráfico 2) observa-se que, embora a subcategoria de “*bombeamento*” continue tendo uma ocorrência significativa com a mesma finalidade da *segunda atividade*: incentivar os estudantes a falarem, os questionamentos predominantes naquela atividade foram do tipo: *desafio construtivo e com foco e com zoom*. Consideramos que isso aconteceu, porque, uma vez que os estudantes já estavam um pouco mais familiarizados com alguns termos associados ao conteúdo científico e com a dialogia das atividades, a professora pode mudar o foco dos questionamentos para estimular o estudante a pensar e refletir sobre suas respostas e representação considerando aspectos dos níveis macroscópico e submicroscópico.

Outra subcategoria que também teve uma ocorrência considerável nessas etapas foi: *estimular o pensamento multimodal* (gráficos 2). A professora propõe que os estudantes se expressassem a partir de diferentes modos de representação: verbal, visual, gestual, simbólico, os quais são essenciais no momento de construção e expressão de modelos e analogias e parte dos pressupostos das atividades fundamentadas na modelagem analógica.

Durante a categorização, percebemos que alguns dos questionamentos do professor não se enquadravam nas subcategorias propostas por Chin (2007) para a categoria *tapeçaria semântica*. Estes aconteceram nos momentos da modelagem em que o professor questionava os estudantes, visando compreender o estágio de desenvolvimento de seus modelos, ou seja, quais ideias os modelos elaborados por eles contemplavam e quais ainda necessitavam abordar ou reformular. Diante dessa lacuna, propusemos uma nova subcategoria: *checar o desenvolvimento processual do modelo* (gráfico 1). Segue um exemplo enquadrado na subcategoria proposta:

Nesse exemplo a professora solicitou que os estudantes representassem com bolinhas de isopor, massa de modelar e palitos, qual era o modelo elaborado por eles.

Professora: *Vocês já representaram o NO<sub>2</sub>, agora terminem de representar o outro (se referindo ao modelo da molécula N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). O que está faltando aqui?*

Manoel: *Duas moléculas de oxigênio, nessa outra bolinha grande (ver figura 2).*

Professora: *Por que você ligou um oxigênio no outro aqui?*

Manoel: *Porque estava faltando bolinha.*

Professora: *Então, vou pegar mais bolinha.*



Figura 2: Modelo do  $N_2O_4$

Esses questionamentos são essenciais nas etapas de elaboração e expressão dos modelos, pois durante esse processo, os estudantes estão obtendo e organizando as experiências e informações que julgam relevantes para a seleção de uma origem coerente para modelo. Nesse sentido, checar o estado de desenvolvimento do seu modelo, nessas etapas e naquela de *teste*, é condição necessária para que o professor seja capaz de auxiliá-los no entendimento dos conteúdos químicos abordados nas atividades.

Nas etapas de *teste da analogia* de ambas as atividades (gráficos 1 e 2) os *questionamentos socráticos* da subcategoria *sorteio reflexivo*, tiveram uma ocorrência relevante. Isso pode ser atribuído ao fato de que, sendo estudante o autor da analogia, este só precisa ser estimulado a partir de questionamentos que coloca sobre eles parte da responsabilidade do processo de construção de significados. Por meio desse tipo de questionamento o professor auxiliava-os a explicitar as diferenças e semelhanças entre os domínios comparados, guiando-os para que percebessem a necessidade de reformular as relações que embasam sua comparação ou até substituí-la.

Nos momentos de *avaliação da analogia* na *terceira atividade* (gráfico 2), nos quais os estudantes eram solicitados a avaliar as abrangências e limitações de seus modelos e analogias aconteceram questionamentos dos tipos *socrático*, *sorteio reflexivo* e *tapeçaria semântica, com foco e com zoom*. Durante a comunicação de suas comparações para toda a turma os primeiros mostram-se essenciais para que os estudantes fundamentassem as ideias expressas em suas comparações, os segundos para que eles pensassem nelas a partir dos diferentes níveis de representação e ambos para evitar que eles atribuíssem excessiva importância às semelhanças em detrimento da discussão das limitações presentes em suas comparações. Harrison (2008) discute que tal incompreensão pode levar os estudantes a imaginarem que as relações analógicas que estabelecem por meio de suas analogias têm a capacidade de representar o domínio alvo em sua totalidade.

O trecho a seguir ilustra questionamentos de *sorteio reflexivo* realizados pela professora nessa etapa da modelagem analógica, a partir dos quais ela incentiva o estudante a identificar e refletir sobre as diferenças entre os domínios comparados:

Professora: *Agora, o Manoel vai apresentar a analogia que o grupo dele criou.*

Manoel: *Então, tenho um bule com uma tampa em cima, que contém água, e está aquecendo. O vapor fica retido. O vapor que sobe e fica na tampa é o mesmo que desce e volta para a água líquida. Aí a água ferve, sobe, fica umas gotinhas e descem. Fica num vai e volta. É mesma velocidade.*

Professora: *É semelhante em termos da velocidade e diferente em quê?*

Manoel: *É físico e o outro (se refere ao equilíbrio  $CrO_4^{2-}/Cr_2O_7^{2-}$ ) é químico.*

Professora: *Semelhante na velocidade, então, e diferente porque um é físico e o outro químico, né?*

Manoel: *É. Nesse aqui não deixa de ser água. No experimento tem uma nova coloração porque outra substância foi formada.*

Através dessa analogia os estudantes foram capazes de representar a dinamicidade e a reversibilidade do equilíbrio químico e de reconhecer que comparavam transformações diferentes (física, no caso da água e química, no caso do sistema  $CrO_4^{2-}/Cr_2O_7^{2-}$ ). Ela foi reconhecida pelos demais estudantes da turma como a comparação mais apropriada para representar o equilíbrio químico, por ser capaz de

explicar mais aspectos que aquelas propostas pelos demais grupos. Isso evidenciou uma evolução conceitual por parte dos estudantes daquela turma.

Outro de tipo questionamento que ocorreu na etapa de *avaliação* (gráfico 2) e que vale a pena discutir, menos por sua recorrência e mais pela sua significância no processo, é o da subcategoria *com foco com zoom* da categoria *tapeçaria semântica*. O exemplo a seguir ilustra esse questionamento.

Samuel: *Nós fizemos a analogia da água e do gelo. Por exemplo, temos um recipiente com água e retiramos calor dele. Aí, no processo de perda de calor, a água vai transformar em gelo, e ao mesmo tempo que a gente fornecer calor para o recipiente na temperatura ambiente, vai voltar a ser água líquida.*

Carlos: *Só que isso não acontece ao mesmo tempo.*

Samuel: *Não tem jeito! Não é ao mesmo tempo que ela congela e descongela.*

Carlos: *Essa é uma diferença.*

Samuel: *Também é um processo físico, né? É a mesma água, é o mesmo produto, só vai derreter.*

Nesse exemplo, enquanto tentam pensar do nível macroscópico para o submicroscópico e deste para aquele, esses estudantes espontaneamente se questionam e avaliam a analogia proposta por eles, refletindo sobre as relações mapeáveis e não mapeáveis entre os domínios comparados. Isso nos fornece indício de que certo entendimento sobre a parcialidade das representações pode ter sido alcançado, uma vez que os estudantes foram capazes de refletir com autonomia e propriedade sobre as diferenças entre os domínios alvo e o análogo que compararam nessa etapa de *avaliação*.

#### CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

Neste trabalho investigamos o papel dos questionamentos do professor nas atividades de modelagem analógica, nas quais os estudantes, guiados pelo professor, se envolvem na elaboração, crítica e reformulação de suas próprias analogias. Nosso estudo se diferencia dos já citados, Cazden (2001) e Lemke (1997), pois buscamos não só abordar as perguntas do professor, mas também investigar como esses questionamentos se articulam, de forma intencional, para promover a aprendizagem dos estudantes relacionada com os objetivos da sequência de ensino sobre equilíbrio químico fundamentada na modelagem analógica. Os questionamentos assumiram diferentes papéis nas distintas etapas:

- Na *elaboração e expressão*: dos questionamentos socráticos, de *bombeamento* iniciais para identificação dos conhecimentos prévios, orientação e estímulo dos estudantes a se expressarem, a professora passou para os questionamentos de *sorteio reflexivo*, *desafio construtivo* e *tapeçaria semântica*, *checar o desenvolvimento processual do modelo* para estimulá-los a pensar em lugar de fornecer respostas, garantindo a construção de modelos e analogias que contemplassem ideias e práticas cada vez mais coerentes com as científicas.
- No *teste*: questionamentos do tipo *socrático*, *sorteio reflexivo* para favorecer a reflexão dos estudantes, levando-os a avaliar semelhanças e diferenças entre os domínios comparados durante a realização de testes mentais e a julgar a necessidade de reformular ou abandonar suas comparações e modelos.
- Na *avaliação*: questionamentos do tipo *socrático*, *sorteio reflexivo* e do tipo *tapeçaria semântica*, *com foco com zoom* para fazer com que o estudante percebesse e avaliasse as limitações e abrangências dos seus modelos e analogias, tornando-os críticos do seu processo de aprendizagem.

Nosso estudo forneceu uma quantidade significativa e relevante de evidências que nos possibilitam relacionar entre os questionamentos do professor e o

desenvolvimento dos estudantes nas etapas da modelagem analógica naquele contexto. Isso nos permite concluir que tais questionamentos foram os principais responsáveis por minimizar as dificuldades dos estudantes em cada uma daquelas etapas, garantindo que as interações que eles estabeleceram entre si, com o professor e com as novas informações, contribuíssem para a construção de modelos e analogias gradualmente mais coerentes com o conhecimento científico.

Assim, acreditamos que esse estudo possa contribuir para orientar professores de Ciências, em especial iniciantes como a professora participante dessa pesquisa, interessados na condução de atividades de ensino fundamentadas em modelagem analógica sobre os alguns tipos de questionamentos profícuos que o professor pode realizar nessas atividades. Para um mapeamento mais amplo desses questionamentos e um entendimento mais profundo sobre eles, mais estudos precisam ser realizados em distintos contextos e com diferentes sequências de ensino.

#### AGRADECIMENTOS

CNPq e FAPEMIG

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAZDEN, C. **Classroom discourse: The language of teaching and learning**. New Hampshire: Heinemann, 2001. 208 p.
- CHIN, C. Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. **Journal of research in Science Teaching**, v. 44, n. 6, p. 815-843, 2007.
- COHEN, L., MANION, L., & MORRISON, K. **Research Methods in Education** (7 ed.). London and New York: RoutledgeFalmer, 2011.
- GENTNER, D. **The mechanisms of analogical learning**. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. Similarity and Analogical Reasoning. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 199-241.
- HARRISON, A. G. Multiple analogies are better than one-size-fits-all analogies. In: A. G. Harrison; R. K. Coll (Eds.), **Using analogies in middle and secondary science classrooms: The FAR guide-an interesting way to teach with analogies**. California: Corwin, 2008, p. 46-65.
- JUSTI, R; GILBERT, J. Modelling, teachers' view on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**. v. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.
- LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores**. Espanha, Editora Paidós, 1997. 273 p.
- MAIA, P. F. **Modelagem e suas contribuições para o ensino de ciências: Uma análise no estudo de equilíbrio químico**. 2006. 155 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2006.
- MOZZER, N.; JUSTI, R. Introdução ao tema dissolução através da elaboração de analogias pelos estudantes fundamentada na modelagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2009. p. 112.
- MOZZER, N.O **Entendimento Conceitual do Processo de Dissolução a partir da Elaboração de Modelos e sob a Perspectiva da Teoria de Campos Conceituais**. 2013. 263 f. Tese (Doutorado em Educação) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2013.
- MOZZER, N.; JUSTI, R. "Nem Tudo que Reluz é Ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. No prelo, 2015.
- SILVA, T.A.; MOZZER, N.B. Conjugando modelagem e analogia no ensino de equilíbrio químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 10, 2015, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia, 2015. p. 215.
- SILVA, T. A. **Proposta de Sequência didática que conjuga analogia e modelagem no ensino de equilíbrio químico**. 2015. Monografia (Química Licenciatura) – Departamento de Química, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2015. 50 p.