

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA ANALOGIA E  
MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

**THAIS ALVES SILVA**

**OURO PRETO**

**2015**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA ANALOGIA E  
MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a  
Universidade Federal de Ouro Preto como exigência  
parcial para a obtenção do título de Licenciada em  
Química.

Orientadora: Nilmara Braga Mozzer

**OURO PRETO**

**2015**

## **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**Título:** PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

**Aluna:** Thais Alves Silva

**Orientadora:** Nilmara Braga Mozzer

**Primeiro Semestre de 2015**

**Este trabalho foi defendido e aprovado em seção pública realizada no dia 10 de Julho de 2015, no Laboratório de Ensino de Química, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciando em Química, perante a seguinte comissão examinadora:**

---

**Profa. Me. Clarissa Rodrigues**  
**Professora Supervisora**

---

**Profa. Dra. Nilmara Braga Mozzer**  
**Professora Orientadora**

---

**Profa. Dra. Poliana Flávia Maia**  
**Professora Examinadora**

**OURO PRETO**

**2015**

Dedico este trabalho, e tudo o que  
ele representa para mim à minha  
família e à minha orientadora.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre se fazer presente nos momentos difíceis não me deixando desistir e por me dar animo para seguir em frente.

Aos meus pais, Wesley e Janusa, pelo empenho para que eu consiga alcançar os meus sonhos.

À minha irmã Pollyanna pela cumplicidade e amizade eterna e pelo incentivo incessante em toda a minha caminhada.

Ao meu irmão Guilherme, por ser fonte de força e renovação para a minha trajetória.

Ao meu namorado, Gabriel, pela compreensão e dedicação junto a mim para o sucesso deste trabalho.

À minha avó Ilza, ao Ilceu, tias, tios, primas, primos e agregados que de alguma forma me incentivaram e apoiaram nesta trajetória.

À minha orientadora Nilmara Mozzer pelo incentivo, dedicação e comprometimento para o melhor resultado deste trabalho.

Ao aluno pela disponibilidade e empenho nas atividades.

Às amigas Beatriz Passos e Joana Santos por compartilhar comigo todos os momentos alegres e difíceis dessa jornada, tornando-se essenciais para a minha caminhada.

À Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) por me proporcionar excelentes professores da área de Licenciatura em Química e pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Ao Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) pelo aprendizado e pela vivência na minha futura área de atuação.

À minha turma de Química Licenciatura (2011/2), em especial nesta reta final, por estar mais unida e sempre disponível em ajudar no que fosse preciso.

E todos que se fizeram presentes durante esta caminhada, dando incentivo e força para que eu concluísse esse trabalho.

“O ato de ver e olhar não se limita a olhar o visível, mas também o invisível. De certa forma, é o que chamamos imaginação...”

(Depoimento do neurologista Oliver Sacks no filme “Janela da Alma”)

## RESUMO

Neste trabalho elaboramos uma sequência didática que conjuga o ensino fundamentado em modelagem a partir da perspectiva de Justi e Gilbert (2002) e analogia na abordagem de alguns aspectos qualitativos do equilíbrio químico, como: reversibilidade das reações, coexistência de reagentes e produtos e dinamicidade do equilíbrio químico.

Após a elaboração da primeira versão da sequência didática, fizemos uma aplicação piloto da mesma. Nossa amostra constituiu-se de um graduando da área de Ciências Sociais e Aplicada da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) que declarou ter dificuldades em Química. Essa aplicação aconteceu com os objetivos de identificarmos possíveis benefícios e defasagens da sequência e de propormos modificações e/ou adaptações na mesma, visando sua aplicação futura em situações reais de sala de aula.

Destacamos como principais resultados obtidos na aplicação do piloto: a compreensão dos aspectos do equilíbrio químico relacionados à reversibilidade das reações e à coexistência de reagentes e produtos a partir das comparações elaboradas pelo aluno. Por outro lado, apesar de o aluno fazer menção à igualdade das velocidades das reações, não demonstrou entender o aspecto dinâmico do equilíbrio químico. Ao analisarmos os resultados obtidos nessa aplicação, identificamos a necessidade de reformulações nas atividades como: solicitações mais explícitas de elaboração de representações no nível submicroscópico; elaboração de atividades que sustentem uma discussão mais profunda do aspecto “dinamicidade do equilíbrio químico”; e elaboração de atividades relacionadas à etapa de avaliação dos modelos e analogias.

Concluimos, com base em alguns dos nossos resultados, que inserir os alunos em processos de elaboração, crítica e reformulação de seus modelos e analogias pode melhorar a sua compreensão sobre conceitos científicos, como o estado de equilíbrio químico de um sistema, foco deste trabalho. Nesse sentido, acreditamos que discussões sobre atividades que conjugam o ensino fundamentado em modelagem e a elaboração de analogias na formação de professores podem contribuir para que eles se sintam motivados a elaborar e desenvolver tais atividades no ensino de Química em particular e de Ciências em geral.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
1.1 Trajetória acadêmica e Motivações da Autora .....	9
1.2 Revisão da Literatura.....	11
1.2.1 Analogias e Modelos	11
1.2.2 Modelagem	14
1.2.3 Conjugação entre Analogia e Modelagem	17
1.2.4 Equilíbrio Químico	18
2 OBJETIVO .....	21
3 METODOLOGIA .....	22
3.1 Descrição das Atividades.....	22
3.2 Amostra e Coleta de Dados .....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	31
4.1 Aplicação piloto .....	31
4.2 Reformulação das atividades .....	35
5 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES .....	38
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
7 ANEXOS .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Trajetória acadêmica e Motivações da Autora

Durante a minha graduação no curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) tive a oportunidade de ser bolsista do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), Projeto Química, participação que me possibilitou contato direto com salas de aulas do ensino médio. Nos dois projetos dos quais fiz parte, os objetivos principais eram os de levar a experimentação para sala de aula de Química (primeiro projeto, ano de 2013) e a inserção nessas salas, de atividades que trabalhavam Modelagem e Natureza da Ciência (segundo projeto, ano de 2013/2014).

A minha participação maior foi no segundo projeto, quando acompanhei turmas do segundo ano do ensino médio regular, de uma escola estadual em Mariana. Nesse projeto trabalhamos em dois momentos: o primeiro com atividades sobre Natureza da Ciência; e o segundo momento com atividades sobre modelagem.

No primeiro momento do projeto nos dedicamos ao embasamento teórico sobre Natureza da Ciência, por meio da leitura, discussão e escrita de portfólios semanais, para posteriormente irmos para as escolas. A elaboração das atividades dessa temática aconteceu em conjunto com todos os bolsistas, a coordenadora do projeto, Profa. Paula Mendonça, e a convidada Profa. Rosária Justi, coordenadora de outro projeto mais amplo no qual as atividades desenvolvidas no PIBID Química da UFOP se inseriam.

Achei a temática interessante e importante de ser inserida nas aulas em concomitância ao conhecimento químico, uma vez que nos ajuda a entender, por exemplo, a influência dos contextos social, econômico e político da época no desenvolvimento daquele conhecimento.

No segundo momento do projeto, o meu grupo aplicou as atividades elaboradas por Mozzer, Queiroz e Justi (2007) e reformuladas pela coordenadora do projeto do PIBID Química sobre Ligação Covalente e Interações Intermoleculares. Antes da aplicação, fizemos uma apresentação para o grupo, para que todos pudessem analisar a clareza das tarefas e apontassem possíveis reformulações necessárias.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Na aplicação em sala de aula, achei a experiência muito interessante e satisfatória, porque vi o empenho de grande parte dos alunos na execução da atividade. Eles propunham modelos para explicar os fenômenos, discutiam em seus grupos e com os demais e demonstravam uma participação interessada. Esses resultados da aplicação das atividades de modelagem me deixaram mais motivada com relação à profissão “professor de Química”.

Em paralelo ao projeto PIBID Química, cursei na UFOP as disciplinas de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado II e III, nas quais tive condições de manter o contato com a sala de aula. Nessas disciplinas tive oportunidade de aprender mais sobre algumas ferramentas que auxiliam no ensino e um pouco sobre o como ensinar a partir de perspectivas que valorizam a construção do conhecimento em oposição à simples transmissão de informações.

Nos Estágios Supervisionados II e III tive os momentos de observação e regência, em turmas de terceiro ano do ensino médio da Educação de Jovens e Adultos (EJA), no turno noturno, podendo perceber mais claramente a necessidade de se dar voz ao aluno no processo de ensino-aprendizagem e as necessidades diferentes entre o ensino regular e a EJA.

Já nas disciplinas de Prática de Ensino, um dos assuntos trabalhados que me interessou foi analogia. Gostei de saber que podemos contar com ferramentas que nos auxiliam como professores na explicação de algo abstrato para o aluno e mais ainda de saber que essas ferramentas estão na base da elaboração e comunicação do próprio conhecimento científico que tentamos ensinar.

Logo após a minha participação no PIBID, tive a oportunidade de fazer iniciação científica na área de Educação, como bolsista do Programa de Iniciação à Pesquisa da UFOP (PIP-UFOP), vinculada ao Projeto de Pesquisa Raciocínio Analógico e Modelagem no Ensino de Química coordenado pela Profa. Nilmara Mozzer. E foi a partir desse projeto que elaborei as atividades que conjugam Modelagem e Analogia e que discuto neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Em seguida, pensei na temática equilíbrio químico para ensinar a partir da conjugação proposta. Essa escolha foi motivada pelas discussões realizadas com meus colegas de grupo na disciplina Elaboração de Unidades Didáticas para o Ensino de Química na Educação Básica, ministrada no primeiro semestre letivo de 2014 pelas professoras Nilmara Mozzer e

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Paula Mendonça, sobre as dificuldades que os alunos têm de entender Equilíbrio Químico. Em diversos momentos das nossas discussões, eu me identificava com algumas das ideias dos alunos da educação básica, porque compartilhava com eles algumas das concepções alternativas que encontramos na literatura da área.

Ao conversar com a Profa. Nilmara Mozzer, optamos por focar na discussão de aspectos qualitativos que caracterizam o estado de equilíbrio químico de um sistema, pois a incompreensão desses fundamentos demonstravam, de acordo com a literatura (e com minha própria experiência), ocasionar também incompreensão dos aspectos quantitativos.

Outro fator que me estimulou foi observar que, no nível superior, os próprios materiais didáticos muitas vezes colaboram com essas ideias incoerentes. Por exemplo, nossa apostila usada na disciplina de Química Geral Experimental, no roteiro da aula prática destinada a trabalhar Equilíbrio Químico, apresentava a seguinte informação associada ao Princípio de Le Chatelier: “*Quando um sistema em equilíbrio é submetido a uma ação, o equilíbrio se desloca na direção que tende **anular** ou contrabalançar esta ação*”. Algo incoerente com o conhecimento científico, a partir do qual, entende-se que o sistema perturbado não retorna ao estado de equilíbrio inicial e que, portanto, a perturbação não é anulada.

Desse modo, a elaboração do meu TCC teve múltiplas motivações, dentre as quais destaco: a minha vontade de investir na profissão docente; o conhecimento desenvolvido sobre modelagem, analogia e concepções alternativas sobre equilíbrio químico; e a percepção derivada deste estudo da literatura de que existem poucas propostas que conjugam as temáticas modelagem e analogia.

## **1.2 Revisão da Literatura**

### **1.2.1 Analogias e Modelos**

As analogias são importantes instrumentos de comparação que visam estabelecer *relações* estruturais ou funcionais entre um domínio familiar, o *domínio análogo* (GLYNN, 1991 apud MOZZER e JUSTI (no prelo)) e outro desconhecido chamado de *domínio alvo*. Ao processo de estabelecimento de correspondências entre os domínios é dado o nome de *mapeamento*.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Segundo Duit (1991) apud Mozzer e Justi (no prelo) modelos analógicos ( $R_M$ ) são originados das relações estabelecidas entre aspectos estruturais do domínio análogo ( $R_1$ ) e do domínio alvo ( $R_2$ ), representados na figura 1. Na figura 1 a dupla seta entre o domínio análogo ( $R_1$ ) e o domínio alvo ( $R_2$ ) estabelece a relação estrutural entre as estrelas, quadrados e esferas preenchidas, mas apresenta características que não podem ser comparadas, assim como a esfera branca de borda preto no domínio  $R_1$  e o símbolo # no domínio  $R_2$ .

Desse modo, os modelos são entendidos como representações parciais e estruturalmente análogas aos domínios comparados. Já as analogias são entendidas como as relações estabelecidas entre tais domínios. Sendo assim, podemos dizer que os modelos são *produtos* do raciocínio analógico (*processo*) e, as analogias são *instrumentos* essenciais para a elaboração dos modelos.

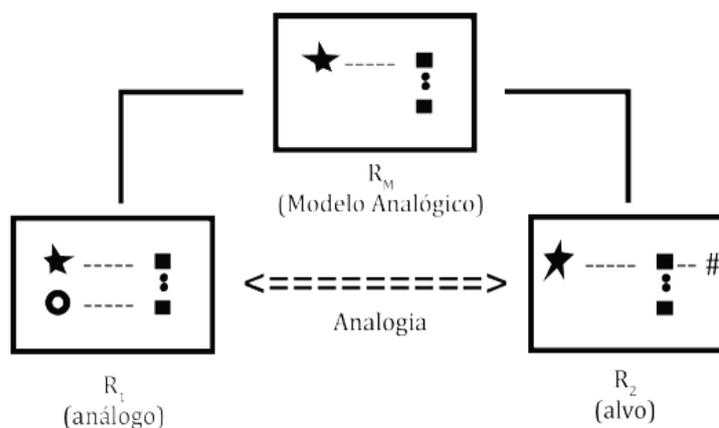


Figura 1 – Adaptação do esquema de Duit (1991) sobre o significado de analogia.

Devido ao foco relacional das analogias, de acordo com Gentner (1983) apud Mozzer e Justi (no prelo) é necessário fazer a distinção entre elas e as demais comparações. Como discutido, as *analogias* são comparações a partir das quais são estabelecidas relações estruturais ou funcionais entre o domínio análogo e alvo. Um exemplo desse tipo de comparação é a analogia estabelecida entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar (as relações que caracterizam essa analogia são explicitadas no quadro 5, da seção 3.1 deste TCC). Nesta analogia, uma relação estrutural pode ser exemplificada pela similaridade de que no modelo atômico de Bohr o núcleo está situado no centro com os elétrons orbitando em torno dele, assim como no sistema solar o Sol está no centro com os planetas orbitando em torno dele,

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

enquanto uma relação funcional pode ser exemplificada com a atração gravitacional no sistema solar desempenhando um papel similar ao da atração eletrostática no modelo atômico de Bohr.

Outro tipo de comparação é a *similaridade literal*, estabelecida quando há correspondências entre atributos de objetos<sup>1</sup> e entre relações dos domínios comparados. No trabalho de Mozzer e Justi (no prelo), as autoras citam como um exemplo deste tipo de comparação a estabelecida entre a dissolução do açúcar em água e a dissolução do sal em água. Nesse exemplo, elas explicitam as correspondências superficiais entre de atributos de objetos dos dois sistemas: o desaparecimento do açúcar e do sal na água e a formação de uma solução líquida em ambos os sistemas; e a correspondência relacional entre as intensidades das interações soluto-solvente, comparadas às interações soluto-soluto e solvente-solvente em ambos os sistemas.

Há ainda as comparações de *mera aparência*, quando as correspondências são estabelecidas apenas entre atributos de objetos. Um exemplo desse tipo de comparação é quando o aluno diz que o átomo do ouro é amarelo como o ouro. A correspondência nessa comparação é estabelecida entre a cor da substância e a “cor” das partículas que a constituem<sup>2</sup>.

Desse modo, os três tipos de comparação mais utilizados pelos alunos são a analogia, comparação com o maior poder de abstração porque permite o estabelecimento de relações entre o domínio análogo e alvo; a similaridade literal que mescla a correspondência de atributos de objetos (características físicas) e relação entre os domínios, enquanto a comparação de mera aparência atribui apenas correspondência de atributos de objetos.

Levando-se em consideração a natureza relacional das analogias, essas podem desempenhar dois papéis principais no ensino de Ciências: funcionar como ferramentas instrucionais que medeiam à transposição didática do conhecimento científico para o curricular (modelos de ensino); auxiliar na inserção do aluno em atividades que objetivam a produção do conhecimento curricular de maneira análoga aos processos ocorridos na ciência, ou seja,

---

<sup>1</sup> Atributos de objetos são as correspondências estabelecidas apenas entre propriedades físicas (p. ex. cor, tamanho, forma etc.) desses objetos pertencentes a cada domínio comparado.

<sup>2</sup> Essa comparação é fundamentada em uma concepção alternativa comumente relatada na literatura da área na qual o aluno transpõe características macroscópicas das substâncias para as partículas que a constituem (KIND, 2004).

quando utilizadas para propor e testar hipóteses (ferramentas heurísticas) (apud OLIVA e ARAGÓN, 2009).

No primeiro caso, a transposição acontece quando o professor elabora analogias que favoreçam a aprendizagem do novo (conhecimento científico) pelo aluno a partir do conhecimento que eles já possuem. No segundo caso, os alunos são inseridos em atividades nas quais elaboram, criticam e reformulam suas próprias analogias (modelagem analógica – MOZZER e JUSTI, 2009).

Blanchette e Dunbar (2000) contrastam essas duas perspectivas, denominando a primeira de *paradigma de recepção* – alunos recebem analogias prontas, “transmitidas” por seus professores ou autores de materiais didáticos; e a segunda de *paradigma de produção* – alunos elaboram suas próprias analogias, guiados por um tutor.

Em concordância com as ideias de autores como Clement (2008) apud Mozzer e Justi (no prelo), acreditamos que o envolvimento dos alunos no processo de elaboração e revisão de suas próprias analogias pode contemplar um ensino de Ciências que vai além de um foco quase que exclusivo nos conceitos científicos para incluir e realçar as práticas investigativas do fazer ciência, o desenvolvimento do raciocínio analógico, da criatividade e da imaginação dos alunos.

### **1.2.2 Modelagem**

Considerando que o processo de ensino-aprendizagem acontece com a participação ativa do aluno, ou seja, levando em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e dando voz aos mesmos. Uma maneira possível de levar em consideração esses conhecimentos prévios dos alunos na construção do conhecimento curricular desejado é possibilitar-lhes a vivência da elaboração, crítica e reformulação de seus modelos (processo conhecido como modelagem na ciência).

No processo de construção do conhecimento científico, autores como Morrison e Morgan (1999) apud Oliva e Aragón (2009) afirmam que os modelos atuam como instrumentos mediadores entre a teoria e a realidade, relacionando as hipóteses e o fenômeno e originando teorias científicas (GIERE, 1990) apud Oliva e Aragón (2009).

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Assim, se pensarmos nos modelos como uma ferramenta de ensino de Ciências, que proporciona a inserção dos alunos em atividades que objetivam a produção do conhecimento científico de maneira análoga aos processos ocorridos na ciência, esses medeiam uma transposição didática do conhecimento científico para o curricular (ARCHER; ARCÁ e SANMARTÍ, 2007 apud OLIVA e ARAGÓN, 2009).

E foi pensando no processo da modelagem científica que Justi e Gilbert (2002) propuseram etapas explícitas, cíclicas e recorrentes na tentativa de caracterizar esse complexo processo (figura 2).

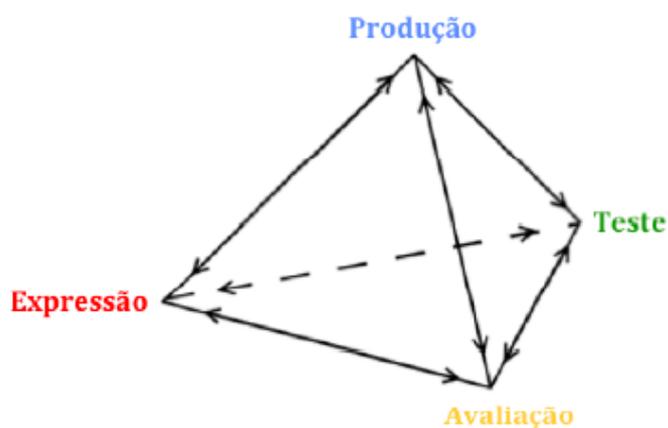


Figura 2 – Versão simplificada do Diagrama Modelo de Modelagem (Justi, 2011).

A figura 2 (Justi, 2011) é uma versão simplificada do diagrama Modelo de Modelagem originalmente proposto por Justi e Gilbert (2002) que pode ser interpretado a partir de quatro etapas gerais. A *primeira etapa* compreende as subetapas de definição do objetivo, escolha do alvo e produção do modelo mental; a *segunda etapa* é a de representação do modelo; a *terceira etapa* abrange condução de experimentos mentais e revisão do modelo; enquanto a *quarta etapa* é destinada para avaliar as abrangências e limitações do modelo.

Pensando na aprendizagem de modelagem no ensino de Ciências, Justi e Gilbert (2002) propõem atividades com base neste diagrama nas quais o aluno é participante ativo em todo o processo. Os autores também propõem graus diferentes de elaboração de modelos na escola a partir de uma hierarquia de complexidade, observada no quadro 1.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

- |  |
|--|
| (a) Aprender modelos através dos modelos curriculares. |
| (b) Aprender a usar modelos.                           |
| (c) Aprender a rever os modelos que já sabem.          |
| (d) Aprender a reconstruir modelos existentes.         |
| (e) Aprender a criar novos modelos.                    |

Quadro 1 - Níveis de complexidade para a atividade de modelar, de acordo com Justi e Gilbert (2002).

No primeiro nível da hierarquia de complexidade apresentado no quadro 1, “aprender modelos através dos modelos curriculares”, os alunos têm contato com modelos a partir dos modelos curriculares utilizados pelo professor para explicar um determinado fenômeno ou teoria. No nível “aprender a usar modelos” os alunos começam a ter autonomia quanto à utilização de modelos, aprendendo a utilizar os modelos em suas explicações. No terceiro nível, “aprender a rever os modelos que já sabem”, os alunos propõem uma releitura de um modelo já existente, mas os detalhes são desconhecidos pelos alunos. No nível “aprender a reconstruir modelos existentes” os alunos são capazes de reformular algum modelo já conhecido quando são inseridos em diferentes contextos e utilizam um modelo específico para explicar o **que** desejam, ou são capazes de usar o mesmo modelo para explicar diferentes fenômenos ou teorias que identificam como interrelacionados. E no nível “aprender a criar novos modelos”, o mais complexo da hierarquia, os alunos têm de elaborar um novo modelo para explicar determinado fenômeno ou teoria.

Na sequência didática elaborada, propomos atividades de elaboração de analogia pelos alunos para explicar alguns aspectos do equilíbrio químico. Desse modo, situamos nossa proposta entre os níveis “aprender a reconstruir modelos existentes” e “aprender a criar novos modelos”, uma vez que os alunos são inseridos em situações nas quais utilizam modelos já existentes para elaborar o seu modelo, mas, neste processo, criam modelos que, da sua própria perspectiva são genuinamente novos para eles. Para isso utilizam de criatividade e imaginação, componentes indispensáveis à modelagem científica.

Assim, julgamos importante inserir os alunos em atividades fundamentadas no processo, para que haja uma tentativa de aproximação dos alunos com o processo de construção do

conhecimento científico em oposição às perspectivas de ensino de Ciências focadas na simples transmissão desse conhecimento.

### 1.2.3 Conjugação entre Analogia e Modelagem

Como discutido anteriormente, alguns trabalhos apontam para a possibilidade de se contemplar um ensino de Ciências com o engajamento dos alunos na elaboração e crítica de suas analogias. Uma maneira promissora de envolver os alunos nesse processo é a sua conjugação com o ensino fundamentado em modelagem. Este, na proposta de Justi e Gilbert (2002), envolve as seguintes etapas gerais apresentadas na seção anterior, a saber: (i) elaboração do(s) modelo(s); (ii) expressão do(s) modelo(s); (iii) teste(s) empírico e/ou mental do(s) modelo(s); (iv) avaliação da abrangência e das limitações do modelo. Tal conjugação foi proposta por Mozzer e Justi (2009).

Segundo Mozzer e Justi (2009), transpondo essas etapas para a *elaboração de analogia* temos nas etapas gerais as seguintes pretensões: (1) definir os objetivos da analogia, o quê 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.

Na etapa geral (2), o aluno deve expressar o seu modelo através de uma representação material, visual, matemática ou verbal. Nessas atividades, ele será explicitamente solicitado a expressar a analogia elaborada. Na etapa seguinte, (3), o aluno irá testar o seu modelo e as relações analógicas estabelecidas, via analogia elaborada, seja através de testes mentais ou empíricos. Se nessa etapa a analogia falhar, os alunos terão a oportunidade de reformulá-las ou propor outras.

Na última etapa geral (4), temos que a analogia elaborada conseguiu atender ao objetivo explicativo, mas os alunos têm de reconhecer as abrangências e as limitações destas. Isso significa identificar quais aspectos do análogo e do alvo podem e quais não podem ser mapeados (limitações da analogia<sup>3</sup>) e os casos em que ela se aplica (abrangência da analogia).

---

<sup>3</sup> No caso específico das analogias, esse subprocesso não ocorre apenas na etapa final do processo de modelagem, mas perpassa todo esse processo.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Vale ressaltar que, ao vivenciarem a modelagem analógica, os alunos elaboram e expressam tanto analogias quanto modelos e que supomos que a interdependência entre modelos e analogias (destacada na figura 2), somada à mediação do professor ao longo de todo esse processo tem o potencial de auxiliar os alunos na elaboração de modelos cada vez mais coerentes com os curriculares.

#### 1.2.4 Equilíbrio Químico

A escolha da temática se deu com base na dificuldade de sua compreensão pelos alunos da educação básica, evidenciada pelas diferentes concepções alternativas relacionadas ao equilíbrio químico encontradas na literatura e discutidas a seguir.

Segundo Machado e Aragão (1996), a dificuldade de compreensão dos alunos sobre a temática pode ser decorrente da abordagem que a maioria dos livros e os professores fazem em salas de aula do ensino médio, priorizando atividades com foco nos aspectos quantitativos (matemáticos), ao invés de conjugar os aspectos qualitativos e quantitativos.

Pensando na importância do conceito de equilíbrio químico como articulador entre temas como reação química, reversibilidade das reações e cinética, temos razões ainda mais fortes para investigar como os alunos entendem esse conceito no nível atômico-molecular.

Neste sentido, Machado e Aragão (1996) pesquisaram como os alunos compreendem o estado de equilíbrio de um sistema. Os autores acreditam que muitas das ideias sobre equilíbrio apresentadas pelos alunos são oriundas de situações do cotidiano como andar de bicicleta, observação de uma balança e da disciplina de Física, associadas ao mundo concreto. Nessas situações, o equilíbrio é associado à igualdade e às características estáticas.

As principais ideias apresentadas pelos alunos e apontadas pelos autores são: (i) *o equilíbrio químico é estático* - os alunos acreditam que as mudanças macroscópicas cessam, porque as reações param de ocorrer; (ii) *igualdade de concentração de reagentes e produtos* - os alunos confundem o termo equilíbrio com igualdade; (iii) *a compartimentalização do equilíbrio* - os alunos acreditam que os sistemas em equilíbrio apresentam dois lados, o dos reagentes e o dos produtos; (iv) *o equilíbrio químico é como um pêndulo* - os alunos muitas vezes imaginam o equilíbrio químico como reações que ocorrem alternadamente; ora a reação direta, ora a reação inversa, semelhante ao movimento pendular (MACHADO e ARAGÃO, 1996).

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Essas ideias são reforçadas por Maia (2006), que mostra a dificuldade dos alunos em compreender o aspecto dinâmico do equilíbrio químico em decorrência das ideias trazidas por eles, de que as reações químicas são decorrentes apenas de fenômenos com alterações macroscópicas (mudança de cor, aquecimento ou resfriamento, precipitação de sólido, evolução de gás); ou, que reações químicas ocorrem completamente em uma única direção (van Driel, de Vos e Verdonk, 1990 apud Maia, 2006).

Maia (2006) destaca também que, às vezes, a incompreensão por parte do aluno é derivada da impossibilidade de ‘visualização’ da reação química como ocorrendo em ambos os sentidos (formação de reagentes e de produtos) concomitantemente no equilíbrio químico. Isso pode promover a ideia de reação química como unidirecional, ocorrendo alternadamente ora em um sentido ora no outro.

A partir do conhecimento dessas concepções alternativas e de possíveis geradores dessas, decidimos abordar a temática na elaboração da sequência didática que conjuga analogia e modelagem, por acreditarmos na potencialidade dessa conjugação na promoção de uma aprendizagem mais significativa de conceitos químicos complexos como “equilíbrio químico”.

Neste sentido pretendemos que a sequência proposta contribua para o entendimento dos alunos de que no equilíbrio químico:

- as reações que compõem o sistema, direta e inversa, ocorrem concomitantemente;
- as reações direta e inversa não cessam, ou seja, é um processo dinâmico;
- em um mesmo recipiente temos a coexistência de reagentes e produtos;
- as reações direta e inversa ocorrem com a mesma velocidade;
- as concentrações das espécies presentes se mantem constantes (como consequência dessa igualdade da velocidade das reações).

Como destacado por Maia (2006), uma compreensão integrada desses aspectos que caracterizam o equilíbrio químico por alunos da educação básica precisa estar fundamentada em conhecimentos de cinética química, já que os aspectos termodinâmicos - como energia livre de Gibbs, entropia e entalpia - necessários para uma discussão mais profunda da temática não são trabalhados nesse nível de ensino.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Assim, com base nas noções de cinética química, o aluno necessita ser auxiliado na compreensão que as partículas constituintes da matéria estão em constante movimento, que tais movimentos podem acarretar em choques entre elas e que, por sua vez, tais choques podem levar a rupturas de ligações e formação de novas ligações entre as partículas das substâncias (reagentes e produtos) presentes no sistema.

Pode-se imaginar que, inicialmente, como existem mais partículas de reagentes colidindo entre si, a formação de produtos ocorre com uma maior velocidade. No entanto, à medida que partículas de produto vão sendo formadas, a probabilidade de se chocarem e formarem partículas de reagentes aumenta. Portanto, a velocidade da reação direta diminui gradativamente, à medida de a velocidade da reação inversa aumenta. A evolução desse processo leva com o tempo à igualdade dessas velocidades; momento em que as concentrações das espécies de reagentes e produtos não mais se alteram e que não se observam alterações macroscópicas do sistema, apesar da continuidade das reações.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

## 2 OBJETIVOS

No presente trabalho nos propomos a:

- (1) Elaborar uma sequência didática que conjuga ensino fundamentado em modelagem e analogias na abordagem de alguns aspectos qualitativos do equilíbrio químico como: reversibilidade das reações, coexistência de reagentes e produtos e dinamicidade do equilíbrio químico;
- (2) Analisar a aplicação da sequência didática em escala piloto, buscando identificar os possíveis benefícios e defasagens da sequência;
- (3) Propor modificações e/ou adaptações na sequência didática, visando sua aplicação futura em situações reais de sala de aula.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Descrição das Atividades

A sequência didática elaborada foi baseada nos trabalhos de Maia e Justi (2008) e Mozzer e Justi (2009), aliada à consideração das dificuldades dos alunos na compreensão de alguns aspectos do equilíbrio químico como: a reversibilidade, a coexistência de reagentes e o dinamismo, encontradas na literatura.

A sequência didática constituiu-se de três atividades. A primeira delas, uma atividade introdutória sobre a analogia que tem como objetivo familiarizar o aluno com a diferença entre comparações de mera aparência, similaridade literal e analogias. A segunda lida com a noção de reversibilidade das reações; e a terceira, com a noção de coexistência de reagentes e produtos e de dinamicidade do estado de equilíbrio em dois sistemas diferentes. Mais detalhes sobre essas atividades e a condução planejada para elas são fornecidos a seguir.

A *atividade introdutória* traz o slogan de uma marca expresso através de uma comparação de mera aparência; duas transcrições de vídeos - uma na qual se estabelece uma similaridade literal (comparação entre a perseguição de um míssil de guerra e um jogo de golfe) e outra, uma analogia (comparação entre o peso de humanos e o peso das formigas) – e uma analogia, comumente encontrada em livros didáticos de química (ver anexo 1). A partir dessas comparações, as correspondências entre os domínios seriam explicitadas e a distinção entre os principais tipos de comparações seria discutida com os alunos. No caso das analogias, suas limitações também seriam discutidas com eles.

O item 1 dessa atividade traz o slogan da marca Malwee<sup>®</sup>: “Malwee gostosa como um abraço” (ver anexo 1). Através dessa comparação, a seguinte correspondência<sup>4</sup> seria explicitada para o aluno:

---

<sup>4</sup> Em todos os quadros deste trabalho, nos quais as correspondências entre os domínios são explicitadas, as setas duplas preenchidas representam as correspondências relacionais entre os domínios enquanto as setas tracejadas representam as correspondências de atributos de objetos (superficiais) entre o domínio análogo e alvo.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

<b>Análogo</b> (Abrço)	<b>Correspondência</b>	<b>Alvo</b> (Roupa da marca Malwee <sup>®</sup> )
Prazer que se sente ao ganhar um abraço.		Prazer que se sente ao vestir a roupa da marca.

Quadro 2: Correspondência da comparação de mera aparência estabelecida entre um abraço e a roupa da marca Malwee<sup>®</sup>.

O item 2 traz a comparação entre a perseguição de um míssil de guerra e um jogo de golfe (ver anexo 1). Através dessa comparação, busca-se explicitar as seguintes correspondências:

<b>Análogo</b> (Jogo de golfe)	<b>Correspondência</b>	<b>Alvo</b> (Perseguição de um míssil de guerra)
Dificuldade em acertar o buraco de golfe em uma só tacada.		Dificuldade em acertar um míssil inimigo.
Movimentação hipotética do buraco de golfe a 15 mil milhas por hora.		Movimentação do míssil inimigo a 15 mil milhas por hora.

Quadro 3: Correspondência da similaridade literal estabelecida entre a perseguição de um míssil de guerra e o jogo de golfe.

Outra comparação apresentada nesta atividade foi disponibilizada pelo pesquisador Mark James, no site <http://www.physics.nau.edu/%7Ejames/Materials.htm>. Essa comparação foi transcrita a partir da visualização do vídeo-clip intitulado “Weaver” e sua tradução livre encontra-se no item 3 da atividade introdutória (anexo 1).

A partir dessa comparação, as seguintes correspondências devem ser explicitadas:

<b>Análogo</b> (Peso das formigas)	<b>Correspondência</b>	<b>Alvo</b> (Peso dos seres humanos)
Menor massa individual, mas maior quantidade de formigas.		Maior massa individual, mas menor quantidade de seres humanos.
Igualdade de peso total.		Igualdade de peso total.

Quadro 4: Correspondências da analogia entre o peso das formigas e o peso dos seres humanos<sup>5</sup>.

Com o objetivo de auxiliar o aluno na compreensão de que existem aspectos do análogo e do alvo que não devem ser comparados (limitações da analogia), alguns deles necessitam ser

<sup>5</sup>Neste caso de analogia, a distinção entre domínio análogo e alvo são dependentes do objetivo a ser trabalhado.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

identificados e discutidos a partir dessa analogia. Por exemplo: enquanto existem diversas espécies de formigas existe apenas uma espécie de ser humano.

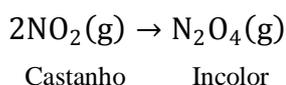
No item 4, a analogia comumente encontrada em livros didáticos de química entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar é apresentada (ver anexo 1), prevendo-se que a partir dela sejam explicitadas as seguintes correspondências:

Análogo (Sistema solar)	Correspondência	Alvo (Modelo atômico de Bohr)
Movimentação dos planetas em torno do sol	↔	Movimentação dos elétrons em torno do núcleo
Atração entre Sol e planetas	↔	Atração entre núcleo e elétrons
Variação da força gravitacional com a distância	↔	Variação da força eletrostática com a distância

Quadro 5: Correspondências da analogia entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr.

Algumas das limitações que podem ser identificadas na analogia entre o sistema solar e o modelo atômico de Bohr são as seguintes: (i) forças atuantes nos sistemas são diferentes - gravitacional no sistema solar e eletrostática no modelo de Bohr; (ii) os planetas apresentam tamanhos, massas e cores diferentes, enquanto os elétrons, pensados como partículas, são idênticos; (iii) os planetas no modelo do sistema solar encontram-se alinhados, enquanto os elétrons no modelo de Bohr não estão; (iv) elétrons no modelo de Bohr podem mudar de nível de energia, enquanto os planetas não mudam de órbita no modelo do sistema solar; (v) há apenas um planeta por órbita, enquanto nos níveis eletrônicos pode haver mais de um elétron (com exceção do átomo de hidrogênio).

Para iniciar a discussão específica sobre equilíbrio químico, foi proposta a *primeira atividade* que envolve a formação do gás tetróxido de dinitrogênio ( $N_2O_4$ ) a partir do gás dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ). Nesta atividade, é apresentada a equação a seguir, juntamente com a informação de que o primeiro gás apresenta uma coloração castanha e, o segundo, incolor.



Na sequência dessa atividade, é prevista a apresentação de um vídeo, disponível em [www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY](http://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY), o qual ilustra o comportamento dos gases em equilíbrio, sob aquecimento e sob resfriamento. O vídeo, com duração de cinquenta e quatro

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

segundos, traz três tubos fechados, aparentemente contendo o dióxido de nitrogênio  $\text{NO}_2$ , uma vez que todos eles apresentam coloração castanha (ver figura 3).



Figura 3 – Sistema inicial de  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ . Print screen feito a partir do vídeo disponível em:  
[www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY](http://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY)

O primeiro comportamento a ser observado no vídeo é do sistema sob aquecimento. Um dos tubos é colocado em um béquer com água quente (figura 4a) e a intensidade da coloração castanha aumenta (figura 4b).

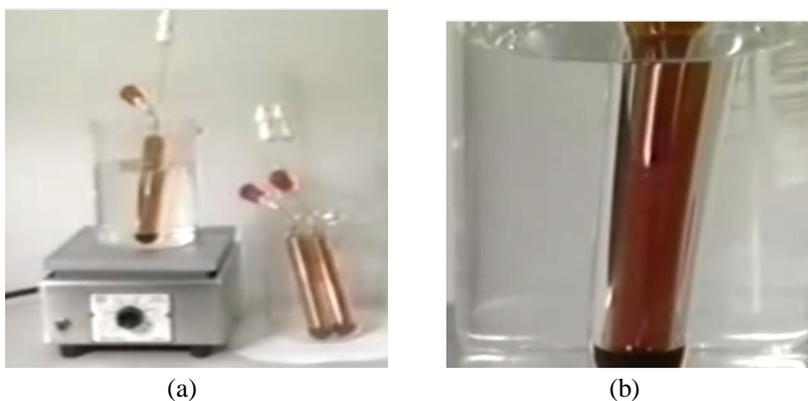


Figura 4 – Sistema de  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$  sob aquecimento. (a) Aquecimento do sistema; (b) Detalhe da coloração do sistema sob aquecimento. *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY>

No segundo momento do vídeo, o sistema é resfriado, colocando outro tubo em um béquer com água gelada, como mostra a figura 5a. Neste caso, a coloração castanha do sistema se torna mais clara, como ilustra a figura 5b.



PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

No primeiro momento o vídeo traz a imagem do sistema cromato/dicromato com coloração amarela (figura 6a), indicativa da predominância da concentração de íons cromato em relação à de íons dicromato. O sistema, então, passa pela adição de uma solução aquosa de ácido ( $H^+$ ) no tubo de ensaio da direita, mantendo o tubo de ensaio da esquerda inalterado para servir de parâmetro de comparação da coloração do sistema antes e após a adição do ácido (figura 6b).

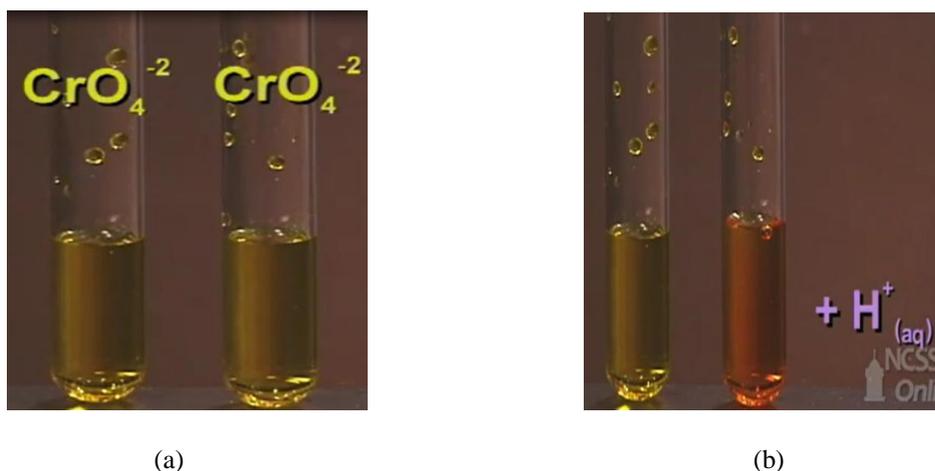


Figura 6: Sistema de cromato/dicromato. (a) Sistema com predominância de cromato ( $CrO_4^{2-}$ ) e (b) Tubo sem alteração (esquerda) e tubo que passou pela adição de ácido (direita). *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

Após assistir esse primeiro momento do vídeo, o aluno é solicitado a elaborar uma explicação através de analogia para facilitar o entendimento do seu colega quanto ao comportamento do sistema (ver anexo 3).

No segundo momento do vídeo são apresentados dois tubos de ensaio de coloração laranja, indicativa da predominância da concentração de íons de dicromato ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) em relação à de íons cromato, como ilustra a figura 7a. O sistema passa pela adição de solução aquosa de uma base ( $OH^-$ ) no tubo de ensaio da direita. Como no anterior, o tubo de ensaio da esquerda permanece inalterado para servir de parâmetro de comparação da coloração (ver figura 7b).

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

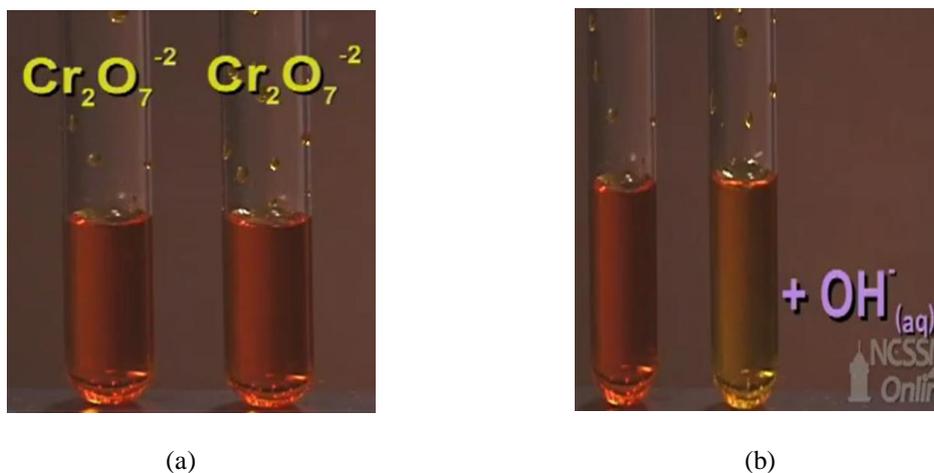


Figura 7: Sistema de cromato/dicromato. (a) Com predominância de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) e (b) Tubo sem alteração (esquerda) e tubo que passou pela adição de base (direita). *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

Na sequência da segunda atividade o aluno é solicitado a utilizar a analogia elaborada na etapa anterior dessa atividade ou elaborar uma nova analogia para explicar o comportamento do sistema ao mesmo colega. Em seguida, questiona-se o aluno se a sua analogia deu ou não conta de explicar o comportamento do sistema frente à adição de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ . Esse questionamento vem associado a perguntas subsequentes do tipo “como” e “por quê” que podem permitir que o aluno explicita melhor as suas ideias ou se conscientize das fragilidades de seus modelos explicativos e de suas analogias (ver anexo 3).

Antes de assistir o terceiro momento do vídeo, prevê-se que a informação de que o cromato de bário é muito pouco solúvel em água enquanto o dicromato de bário é solúvel em água seja fornecida. Outra parte do vídeo é apresentada, demonstrando o comportamento dos sistemas frente à adição de bário em um tubo de ensaio de coloração amarela, com predominância de íons cromato (figura 8a), em outro tudo de ensaio de coloração laranja, com predominância de íons dicromato (figura 8b), sendo ambos contrastados com um tubo de ensaio de coloração laranja mantido inalterado (figura 8c).

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

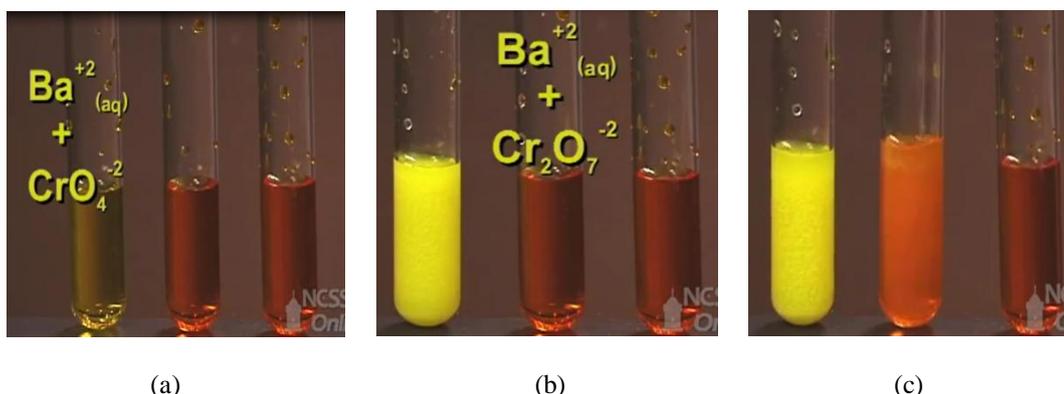


Figura 8: Comportamento do sistema cromato/dicromato frente à adição de bário. (a) Adição de bário ( $Ba^{+2}$ ) em solução aquosa com predominância de cromato ( $CrO_4^{2-}$ ) – tubo da esquerda; (b) Adição de bário ( $Ba^{+2}$ ) em solução aquosa com predominância de dicromato ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) – tubo da central; e (c) Sistemas após a adição de bário ( $Ba^{+2}$ ). Nas figuras a, b e c o tubo da direita permanece inalterado. *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

Após assistir a esse terceiro momento do vídeo, o aluno é novamente solicitado a explicar, utilizando a analogia elaborada anteriormente ou com o auxílio de uma nova analogia o comportamento do sistema (ver anexo 3).

Esta atividade foi elaborada com os objetivos de: (i) retomar a questão da reversibilidade das reações, quando adicionamos solução aquosa de ácido ( $H^+$ ) e base ( $OH^-$ ) nos sistemas; (ii) abordar o aspecto de coexistência de produtos e reagentes quando adicionamos bário ( $Ba^{+2}$ ) nos sistemas; e (iii) na tentativa de conjugar os aspectos anteriores o aluno tenha ocasião de pensar sobre o dinamismo do equilíbrio e de reelaborar (ou até abandonar) seus modelos e analogias prévios, frente às abrangências e limitações dos mesmos em dar conta desse aspecto.

### 3.2 Amostra e Coleta de Dados

A sequência didática elaborada tem como público-alvo alunos do segundo ano do ensino médio. Porém, antes de sua aplicação em situações reais de sala de aula, realizamos um estudo piloto para que os possíveis benefícios e defasagens dessa sequência fossem identificados e modificações/adaptações sejam propostas.

A atividade introdutória sobre analogia e as atividades que envolvem a elaboração de analogias para explicar sistemas em equilíbrio químico foram aplicadas a um aluno de graduação da área de Ciências Sociais e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto. A aplicação aconteceu em cinco encontros individuais, com duração média de uma hora e meia

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

cada. Os encontros foram registrados em áudio e os registros escritos do aluno foram recolhidos.

Esse aluno era conhecido da autora deste TCC e foi selecionado pelas declarações feitas em diferentes situações sobre suas dificuldades na área de Química. Essas dificuldades foram atribuídas por ele, principalmente, à formação de seus professores no nível médio (formados em curso diferentes da Licenciatura em Química) e à metodologia de ensino geralmente adotada que não possibilita uma interação efetiva entre os alunos e o professor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Aplicação piloto

Nesta seção iremos apresentar e discutir os resultados obtidos a partir da aplicação piloto das atividades sobre equilíbrio químico, visto que os objetivos da atividade introdutória estavam relacionados apenas à caracterização e diferenciação das analogias das demais comparações e não a sua elaboração e crítica pelos alunos.

Na *primeira atividade* sobre equilíbrio  $N_2O_4/NO_2$ , o aluno explicou que, com o fornecimento de energia, as moléculas ficam mais agitadas, quebrando as ligações entre os átomos e formando o dobro da quantidade das moléculas iniciais. Esclareceu que o contrário acontece quando se resfria o sistema, ou seja, as moléculas de  $NO_2$  se transformam em  $N_2O_4$ . Afirmando que temos a transformação de uma substância na outra, já que ocorrem mudanças entre as cores incolor e castanho com o aquecimento e o resfriamento.

Após fornecer essa explicação, o aluno expressou suas ideias através do desenho da figura 9 e detalhou que cada círculo do desenho da esquerda correspondia a uma espécie  $N_2O_4$  e que cada um deles correspondia a uma espécie de  $NO_2$  no desenho da direita. O aluno naquele momento apresentou uma das concepções alternativas encontradas na literatura: a ideia de equilíbrio químico como pêndulo - ora acontece a reação em um sentido, ora no outro. Isso foi evidenciado pelo fato de que, em sua representação (figura 9), todas as partículas de reagente ( $N_2O_4$ ) foram transformadas em produto  $NO_2$  na proporção de 1:2.

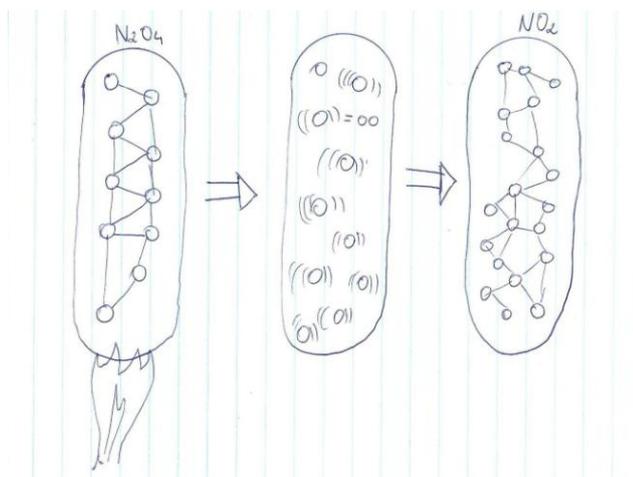


Figura 9- Representação para o comportamento do sistema sob aquecimento.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Quando foi solicitado a elaborar uma analogia, o aluno teve dificuldade em pensar com o quê ou qual situação o comportamento do sistema observado no vídeo (variação na coloração do sistema entre castanho e incolor a partir do seu aquecimento e resfriamento) poderia ser relacionado. Ele elaborou a seguinte *analogia*:

“Um fio de solda quando você esquentar ele, é tipo um arame e fica líquido. Aí você solta, deixa ele esfriar e ele fica com a outra forma dele, sólido de novo. Toda vez que você aquece e esfria isso acontece.”

Nessa analogia, o aluno estabeleceu relação entre as variações de temperatura em ambos os sistemas e as mudanças físicas (de cor e de estado físico) consequentes dessas variações; e entre a reversibilidade do estado físico da solda e a reversibilidade da coloração do sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$  com a variação da temperatura.

Por meio da expressão dessa comparação o aluno parece entender a reversibilidade das reações. Porém, ele novamente expressou a ideia de que todo o reagente se transforma em produto e vice-versa.

Na *segunda atividade*, quando apresentamos o primeiro momento do vídeo ao aluno - adição de ácido ao sistema com predominância de cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) - e solicitamos a elaboração de uma analogia para explicar o comportamento do sistema, o aluno explicou que estava acontecendo uma reação do cromato com o ácido, formando uma nova substância, mas não estabeleceu qualquer tipo de comparação.

No segundo momento do vídeo - adição de base ao sistema com predominância de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), o aluno foi solicitado novamente a elaborar uma analogia para explicar o comportamento do sistema. Porém, naquele momento, o aluno espontaneamente relacionou este vídeo com o anterior, dizendo que temos uma mudança de uma substância na outra (cromato em dicromato) e vice-versa. Entendendo que o aspecto da reversibilidade estava claro para o aluno, a pesquisadora não retomou o pedido de elaboração de uma nova analogia.

No terceiro momento dessa atividade, o aluno foi informado que o sal cromato de bário, é pouco solúvel em água e que o sal dicromato de bário é muito solúvel em água. Em seguida foi apresentado ao aluno o vídeo a partir do qual ele pôde observar a adição de bário ( $\text{Ba}^{+2}$ ) ao sistema cromato/dicromato.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Após a informação dada pela pesquisadora e de ter assistido o vídeo o aluno foi solicitado a explicar o que estava ocorrendo no tubo de coloração amarela e no tubo de coloração laranja. Naquele momento, o aluno apresentou dificuldades em fornecer explicações, justificadas pelo fato de que no tubo de ensaio onde inicialmente ele acreditava haver apenas dicromato (tubo laranja), houve a precipitação do cromato de bário. Essa precipitação foi evidenciada pela formação de uma névoa semelhante àquela que ele havia observado nos momentos iniciais em que o bário foi adicionado ao tubo onde ele acreditava conter apenas cromato (tubo amarelo).

Nesta etapa, a pesquisadora teve de auxiliar muito o aluno, questionando-o sobre a semelhança do comportamento dos sistemas de cromato e dicromato com a adição de bário, de forma a tentar auxiliá-lo na interpretação da evidência experimental da coexistência de reagentes e produtos.

Após auxiliar o aluno nessa compreensão a pesquisadora prosseguiu com os questionamentos. Ela indagou o aluno sobre a coloração das soluções nos tubos. A esse questionamento, o aluno forneceu a seguinte explicação junto com a seguinte *analogia*:

“Visualmente conseguimos ver uma cor só por causa da concentração maior de uma das substâncias, cromato ou dicromato. E se você adiciona o ácido ele vira dicromato, e se adiciona base, ele vira cromato. Quando misturamos café com leite, temos as duas substâncias no mesmo recipiente. A coloração esbranquiçada ou amarronzada vai depender da substância que estiver em maior quantidade.”

A partir de um paralelo entre a explicação fornecida pelo aluno e a analogia elaborada é possível notar que ele relacionou a cor predominante em um sistema com a concentração de seus componentes e a coexistência dos reagentes e produtos na reação com a presença de ambos, café e leite, na mistura.

Na tentativa de discutir o aspecto dinâmico do equilíbrio químico, visto que, o direcionamento dado pela pesquisadora não estava sendo suficiente para conduzir as explicações e representações para o nível das partículas (submicroscópico), a pesquisadora forneceu a informação de as duas reações, direta e inversa, discutidas anteriormente, ocorriam com a mesma velocidade quando o sistema  $\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  se encontrava em equilíbrio.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Na sequência, o aluno foi solicitado a conjugar em uma mesma comparação os aspectos de reversibilidade, coexistência de reagentes e produtos e da dinamicidade do estado de equilíbrio, esta como consequência da igualdade das velocidades das reações direta e inversa. O aluno elaborou a seguinte comparação:

“Ao tocarmos o interruptor para acender a luz, a velocidade com que a luz acende é a mesma com que a luz apaga quando tocamos novamente o interruptor para apagá-la. Da mesma forma que as velocidades que reagente vira produto e produto vira reagente são iguais.”

Neste momento o aluno voltou a elaborar uma comparação do tipo *similaridade literal*. Ele relacionou a reversibilidade dos processos de acender e apagar a luz com a reversibilidade das reações direta e inversa em um sistema em equilíbrio. Por outro lado, estabeleceu uma correspondência entre a igualdade de velocidade de processos não simultâneos (o acender e o apagar da luz) e a igualdade de velocidade de processos que ocorrem simultaneamente no sistema em equilíbrio (a transformação de reagentes em produtos e vice-versa); algo que podemos considerar como uma característica superficial.

Por meio dessa comparação, ele não foi capaz de abordar o dinamismo do equilíbrio químico e a coexistência de reagentes e produtos. Ao ser questionado sobre esse fato, o aluno disse que conjugando as explicações possibilitadas pela última comparação (entre o acender e o apagar da luz e a reversibilidade das reações) com a anterior (entre as cores das misturas e a concentração de seus componentes) seria possível explicar a reversibilidade, a igualdade de velocidades e coexistência de reagentes e produtos em um sistema em equilíbrio.

Apesar de se tratar da conjugação de ideias expressas a partir de uma similaridade literal (as quais incluem correspondências superficiais) e de uma analogia, isso nos parece relevante, uma vez que pode indicar que o aluno percebe as limitações das comparações elaboradas em representar os diferentes aspectos do equilíbrio químico. Algo destacado por Harrison (2008), como uma noção importante sobre ciência: a de que as relações analógicas não esgotam o domínio alvo representado ou, em outras palavras, como todo modelo as representações do alvo são parciais.

O fato de o aluno não ter conseguido abordar o aspecto dinâmico do equilíbrio químico em sua comparação nos leva a supor que ele concebe o equilíbrio químico como algo estático

(como discutido por MACHADO e ARAGÃO, 1996) ou simplesmente ele não consegue compreender como isso ocorre no nível submicroscópico.

A segunda hipótese parece ser mais sustentada por nossos dados, uma vez que em quase todo o processo o aluno forneceu explicações no nível macroscópico (exceto na representação inicial do sistema por meio de desenho, figura 9). Isso pode ser atribuído principalmente à necessidade de solicitações mais explícitas nas atividades propostas e para que as representações fossem elaboradas e expressas nesse nível de representação e de uma mediação por parte da pesquisadora que auxiliasse o aluno a estabelecer conexões entre suas representações dos fenômenos estudados e o conhecimento curricular necessário para reformulá-las.

Considerações como essas nos levaram a propor algumas modificações nas atividades dos anexos 2 e 3, as quais discutimos na próxima seção seguinte.

#### **4.2 Reformulação das atividades**

Durante a análise dos resultados obtidos com a aplicação piloto das atividades, conseguimos identificar algumas necessidades de modificações a serem feitas nas mesmas. Essas modificações estão destacadas nos anexos 2, 3 e 4 em itálico.

Vale ressaltar que acreditamos que outras demandas de modificações devem surgir quando a sequência didática proposta for aplicada em situação real de uma sala de aula de Química, dada à variedade de fatores que influenciam essa realidade complexa.

A primeira modificação realizada foi a explicitação no enunciado das atividades sobre equilíbrio químico, para que as explicações quanto ao comportamento dos sistemas ocorressem no nível das partículas. Isso porque, como discutido na seção anterior, observamos que o aluno elaborou as explicações voltadas apenas para o nível macroscópico, acarretando, por exemplo, de ele não abordar o aspecto dinâmico do equilíbrio químico em suas explicações e comparações.

Outra modificação feita nas atividades foi o acréscimo de questões nas atividades sobre equilíbrio químico que solicitam que os alunos testem a analogia elaborada com relação à sua capacidade de explicar de maneira conjugada os diferentes comportamentos dos sistemas: na primeira atividade, após o aquecimento e o resfriamento (anexo 2); e na segunda atividade,

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

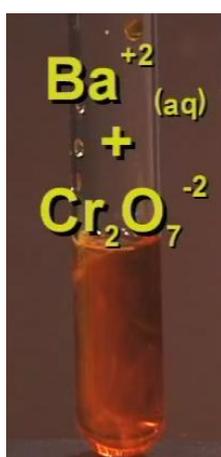
THAIS ALVES SILVA

após a adição de ácido e de base (anexo 3). No caso de o aluno concluir que a sua analogia não é capaz de explicar conjuntamente os comportamentos, ele é solicitado a tentar explicitar as causas, algo que pode facilitar a mediação do professor nas atividades no sentido de auxiliá-lo a reformular suas representações e comparações.

No anexo 4, duas novas questões foram propostas. A questão 1 foi proposta com o objetivo específico de lidar com o aspecto dinâmico do equilíbrio químico. Se como ocorreu no estudo piloto, os alunos não conseguirem abordar tal aspecto em suas representações, explicações e comparações, eles teriam uma nova ocasião para reformularem estas. Para aqueles que conseguiram contemplá-lo, teriam uma nova ocasião para testar seus modelos e comparações.

Nessa questão são fornecidas as informações de que: as partículas da matéria estão em constante movimento; essa movimentação é responsável por colisões entre as partículas; e essas colisões podem provocar a quebra de ligações e a formação de novas ligações. É de fundamental importância que a inter-relação entre essas informações seja mediada pelo professor para que os alunos atribuam sentido a elas.

Na sequência, eles são solicitados a explicar o dado de que se adicionarmos mais bário ao sistema  $\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  do vídeo (tubo de ensaio contendo solução laranja indicativa da predominância de dicromato, o qual já havia passado por um primeira adição de bário – figura 10) ocorreria a formação de uma maior quantidade de precipitado de cromato de bário.



(a)



(b)

Figura 10: Sistema de solução aquosa com predominância de cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ). (a) Adição de bário apresentada (b) Nova adição de bário. Print screen feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

A questão 2 foi proposta após discussão com a orientadora sobre a necessidade de contemplar nas atividades propostas o subprocesso da modelagem de avaliação dos modelos e comparações elaborados pelos alunos. Com esse propósito, foi elaborada uma questão na qual se descrevia a situação do “galinho do tempo” (ver figura 11). O “galinho do tempo” é uma miniatura de galo que possui algumas partes de sua superfície, asa, revestida de um composto de cobalto, que alterna entre a coloração rosa e azul dependendo das condições climáticas. A coloração rosa é evidente em chuvosos, pois é decorrente da alta umidade que favorece a formação da espécie  $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ , enquanto a coloração azul é evidente em dias secos, em que a baixa umidade favorece a formação da espécie  $[\text{CoCl}_4]^{2-}$ .



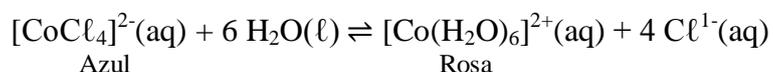
(a)



(b)

Figura 11 – “Galinho do tempo”. (a) Em condições de baixa umidade e (b) Em condições de alta umidade.

Nessa questão, em conjunto com a figura será apresentada a equação que representa o equilíbrio:



Ao aluno será solicitado que utilize a(s) analogia(s) elaborada(s) anteriormente para explicar o comportamento do sistema.

O objetivo desta atividade é de que, junto ao professor, o aluno tenha a oportunidade de identificar as limitações e a abrangência das analogias e modelos elaborados frente à nova situação.

## 5 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES

A sequência didática proposta neste TCC foi elaborada com os objetivos de investigar as possíveis contribuições da conjugação entre modelagem e analogia na aprendizagem de alguns aspectos qualitativos de equilíbrio químico (a reversibilidade, a coexistência de reagentes e produtos e a dinamicidade) e de propor modificações e/ou adaptações nessa sequência com base na análise de sua aplicação em escala piloto.

A proposta de conjugação é decorrente da relação existente entre a elaboração de modelos e de analogias, uma vez que *modelos* são originados das *relações analógicas* estabelecidas entre os aspectos estruturais dos domínios comparados, análogo e alvo e, por isso, entendidos como representações parciais e estruturalmente análogas ao alvo (entidade representada).

A partir da aplicação piloto da sequência didática tivemos evidências de que o aluno conseguiu compreender os aspectos da reversibilidade e da coexistência de reagentes e produtos, uma vez que ele foi capaz de estabelecer relação entre a mudança de estado físico de uma liga de solda com o aquecimento e o resfriamento e a reversibilidade de produtos e reagentes no equilíbrio químico; e entre a coexistência de café e leite (ainda que em proporções diferentes) nas bebidas com a coexistência de cromato/dicromato no sistema em equilíbrio.

Outra contribuição que parece ter advindo do processo de modelagem foi o fato de o aluno ter sido capaz de reconhecer as limitações de suas comparações ao lançar mão de uma combinação delas na tentativa de explicar diferentes aspectos do domínio alvo. De acordo com Harrison (2008), o entendimento de que relações analógicas não esgotam o domínio alvo representado é indicativo do desenvolvimento de um conhecimento mais profundo sobre ciência.

Apesar disso, o aluno não apresentou um resultado satisfatório quanto à compreensão do aspecto dinâmico do equilíbrio químico, visto que não conseguiu expressar ideias claras sobre ele por meio de suas explicações e comparações. Acreditamos que essa incompreensão possa ser atribuída, principalmente, à falta de questionamentos explícitos nas instruções da atividade e orientados pela pesquisadora que guiassem a representação e discussão dos fenômenos para o nível submicroscópico, considerando que o aluno elaborou, predominantemente, representações macroscópicas dos processos investigados.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

A partir de considerações como essa, nas quais buscamos relacionar as lacunas na compreensão do aluno e as possíveis deficiências nas atividades propostas, reformulamos algumas delas no sentido de tornar o enunciado das questões mais diretos quanto à solicitação de elaboração das analogias *no nível das partículas* e acrescentamos questões que oferecem mais oportunidades para que os alunos testem, reformulem e avaliem seus modelos e comparações.

Diante dos resultados deste trabalho, concluímos que a conjugação entre ensino fundamentado em modelagem e a elaboração crítica de analogias pelos alunos pode fornecer boas oportunidades para a construção de conhecimentos químicos e sobre ciência. Para isso, no entanto, torna-se fundamental que a elaboração, a aplicação e a discussão de atividades dessa natureza sejam vivenciadas pelos professores de Ciências em formação inicial e continuada. Isso porque, para que os professores possam guiar adequadamente seus alunos nessas atividades, é importante que eles desenvolvam conhecimento necessário e vivenciem as dificuldades e desafios desse processo; algo que no processo de produção deste TCC pôde ser experimentado pela própria pesquisadora, que não teve em sua formação inicial atividades que proporcionassem esse tipo de vivência.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLANCHETTE, I.; DUNBAR, K. How analogies are generated: the roles of structural and superficial similarity. *Memory & Cognition*. v. 28, n.1, p.108-124, 2000.

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.

KIND, V. Más allá de las apariencias: Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. México: Aula XXI Santillana. 2004, p.28.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico. *Química nova na escola*. n. 4, nov.1996. Disponível em: <<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc04/aluno.pdf>> Acesso em: 08 de set. 2014.

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, Minas Gerais. 2006.

MAIA, P. F.; JUSTI, R. Modelagem e o “Fazer Ciência”. *Química nova na escola*. n. 28, mai.2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbjq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>> Acesso em: 13 de jan. 2015.

MOZZER, N; *O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências*. 2008. 201 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Química, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais 2008.

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.

MOZZER, N.; JUSTI, R. Introdução ao tema dissolução através da elaboração de analogias pelos alunos fundamentada na modelagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7, 2009, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2009. p. 1-12.

MOZZER, N.; QUEIROZ, A. S.; JUSTI, R. Proposta de ensino para introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2007. p. 1-12.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M. Contribución del aprendizaje com analogías al pensamiento modelizador de los alumnos em ciências: marco teórico. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, v. 27, n, 2, p. 195-208, 2009.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

Vídeo 1: Nitrogen Dioxide and Dinitrogen Tetraoxide. Demonstrativo, 0'54". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY>. Acesso em maio de 2015.

Vídeo 2: Le Chatelier's Principle. Produção: NCSSM. Explicativo, 03'25". Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o). Acesso em maio de 2015.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1. Atividade introdutória sobre analogia

Leia o slogan e as afirmativas abaixo e estabeleça as correspondências que julgar adequadas.

1.



Malwee  
gostosa como um abraço

Figura 1 – Slogan da marca Malwee. ([http://cdn1.sempretops.com/wp-content/uploads/Malwee\\_SEM\\_malhas\\_-\\_cores-650x243.jpg](http://cdn1.sempretops.com/wp-content/uploads/Malwee_SEM_malhas_-_cores-650x243.jpg))

2. Acertar um míssil de guerra do inimigo é como acertar o buraco de golfe em uma só tacada, mas com o buraco movimentando a 15 mil milhas por hora e com o campo coberto de outros buracos parecidos com aquele que é o seu alvo.

3. Um humano pesa mais ou menos 10 milhões de vezes mais do que uma formiga, mas como há muito mais formigas que seres humanos no mundo, ambos pesam aproximadamente o mesmo tanto. E, enquanto temos apenas uma espécie de humanos, existem milhares de espécies de formigas.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

4.



Figura 2 – Representação do Sistema Solar. Disponível em: <http://www.elo7.com.br/quadro-painel-sistema-solar/dp/28DE38>.

**Modelo Atômico de Bohr (1913)**  
**“Camadas eletrônicas ou Níveis de Energia”**

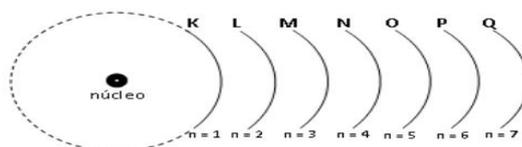


Figura 3 – Representação do Modelo Atômico de Bohr. Disponível em:  
<http://image.slidesharecdn.com/modelodebohreaplicaes-atualizado-130507084222-phpapp01/95/modelo-de-bohr-e-aplicaes-atualizado-4-638.jpg?cb=1367916177>.

O modelo atômico de Bohr é como o sistema solar. O primeiro é composto por um núcleo, onde se localiza os prótons e nêutrons, e a eletrosfera, região provável de encontrar os elétrons, partículas de carga negativa. O sistema solar, por sua vez, tem o Sol no seu centro e os planetas circulando a sua volta.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

**Anexo 2.** Atividades sobre Equilíbrio Químico: sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$

1- A partir das informações do vídeo sobre os gases tetróxido de dinitrogênio e dióxido de nitrogênio (coloração e comportamento do sistema quando aquecido e resfriado) e da equação a seguir:

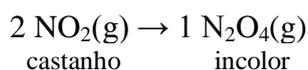


Figura 1: Sistema  $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ . (a) Sistema sob aquecimento e (b) Sistema sob resfriamento. *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=tlGrBcgANSY>

1.1- Elabore um modelo para explicar o comportamento do sistema, *no nível submicroscópico (das partículas)*, ao ser aquecido, de modo a facilitar o entendimento de um colega de turma.<sup>6</sup> Expresse seu modelo através de desenho ou de algum dos materiais fornecidos.

1.2- Elabore um modelo (ou utilize o anterior) para explicar para um colega de turma, o comportamento do sistema ao ser resfriado, *no nível submicroscópico (das partículas)*. Expresse seu modelo através de desenho ou de algum dos materiais fornecidos.

2. Elabore uma analogia para facilitar o entendimento do seu colega de turma sobre os comportamentos que você explicou nos itens 1.1 e 1.2.

<sup>6</sup> Nesta atividade, para que o aluno seja capaz de conjugar as ideias que fundamentam o modelo cinético molecular, o professor irá propor *questões geradoras* a partir do modelo expresso pelo aluno. Segundo Vosniadou 2002 apud Mozzer e Justi, 2007 essas são questões que não podem ser respondidas com base em informação armazenada, mas requerem a solução genuína para um novo problema.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

*3- Sua analogia da questão 2 foi capaz de explicar ambos, o comportamento do sistema sob aquecimento e sob resfriamento?*

*3.1- Se sim, como?*

*3.2- Se não, por quê?*

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

**Anexo 3.** Atividades sobre Equilíbrio Químico: sistema  $\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$

1- Você assistiu ao vídeo, no qual foi apresentada a adição de ácido ( $\text{H}^+$ ) na solução. Explique para o seu colega o comportamento do sistema, utilizando uma analogia para facilitar a compreensão dele do que está ocorrendo *no nível submicroscópico (das partículas)*.

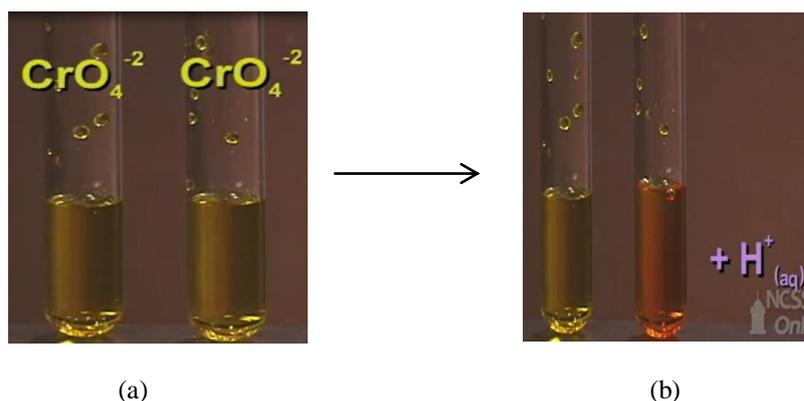


Figura 1: Sistema de cromato/dicromato. (a) Com predominância de cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) e (b) Tubo sem alteração (esquerda) e tudo que passou pela adição de ácido (direita). *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

2- Você assistiu um segundo momento do vídeo, no qual foi apresentada a adição de base ( $\text{OH}^-$ ) na solução. Explique para o mesmo colega o comportamento do sistema, utilizando a mesma analogia da questão anterior ou, se julgar necessário, elabore uma nova, para facilitar a compreensão desse colega do que está ocorrendo *no nível submicroscópico (das partículas)*.

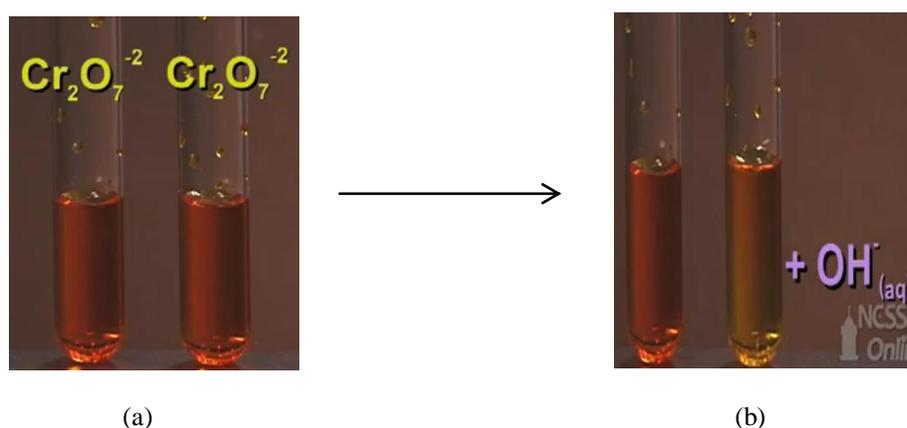


Figura 2: Sistema de cromato/dicromato. (a) Com predominância de dicromato ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) e (b) Tubo sem alteração (esquerda) e tudo que passou pela adição de base (direita). *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

3- Sua analogia foi capaz de explicar ambos os comportamentos do sistema, sob adição de  $H^+$  e de  $OH^-$ ?<sup>7</sup>

3.1- Se sim, como?

3.2- Se não, por quê?

4- Você assistiu um terceiro momento do vídeo no qual foi adicionado bário ao sistema. Explique para o colega das questões anteriores o comportamento do sistema, utilizando a mesma comparação da questão anterior ou, se julgar necessário, elabore uma nova, para facilitar a compreensão desse colega do que está ocorrendo *no nível submicroscópico (das partículas)*.

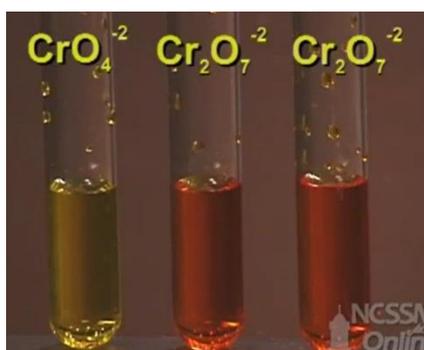


Figura 3 – Sistemas de soluções aquosas de cromato ( $CrO_4^{2-}$ ) e dicromato ( $Cr_2O_7^{2-}$ ): tubo da esquerda com predominância de cromato e tubos central e da direita com predominância de dicromato. *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

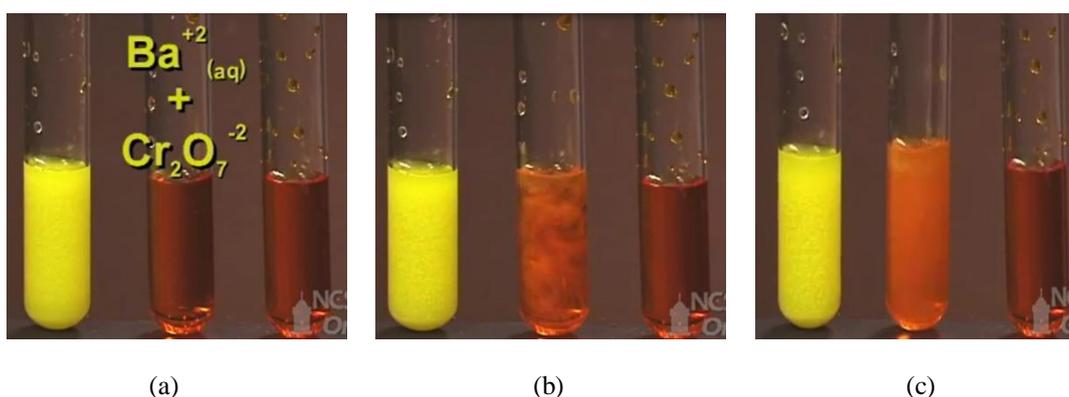


Figura 4: Comportamento do sistema cromato/dicromato frente à adição de bário. (a) Adição de bário ( $Ba^{+2}$ ) em solução aquosa com predominância de cromato ( $CrO_4^{2-}$ ), (b) Adição de bário ( $Ba^{+2}$ ) em solução aquosa com predominância de dicromato ( $Cr_2O_7^{2-}$ ) e (c) Sistemas após a adição de bário ( $Ba^{+2}$ ). Nas figuras a, b e c o tubo da

<sup>7</sup> Essa questão foi inserida após a realização do piloto, como parte do processo de reformulação das atividades.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

direita permanece inalterado. *Print screen* feito a partir do vídeo disponível em:  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

5- Você conseguiu explicar os diferentes comportamentos do sistema, *no nível submicroscópicos (das partículas)*, a partir de uma mesma analogia?

5.1- Se sim, você poderia retomar a sua comparação, justificando como é possível explicar cada um deles a partir dela?

5.2- Se não, você poderia reformular sua comparação (ou suas comparações) para tentar explicar os diferentes comportamentos observados para o sistema?

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

**Anexo 4.** Atividade sobre o equilíbrio químico: explorando mais as representações.

1- Considerando que as partículas do sistema que você observou no vídeo estão em constante movimento e que a partir dos choques dessas partículas podem ocorrer quebras de ligações e formação de novas ligações, como você explica o fato de que se acrescentarmos mais bário naquela solução do vídeo, após a precipitação, uma quantidade ainda maior de cromato de bário precipitaria.

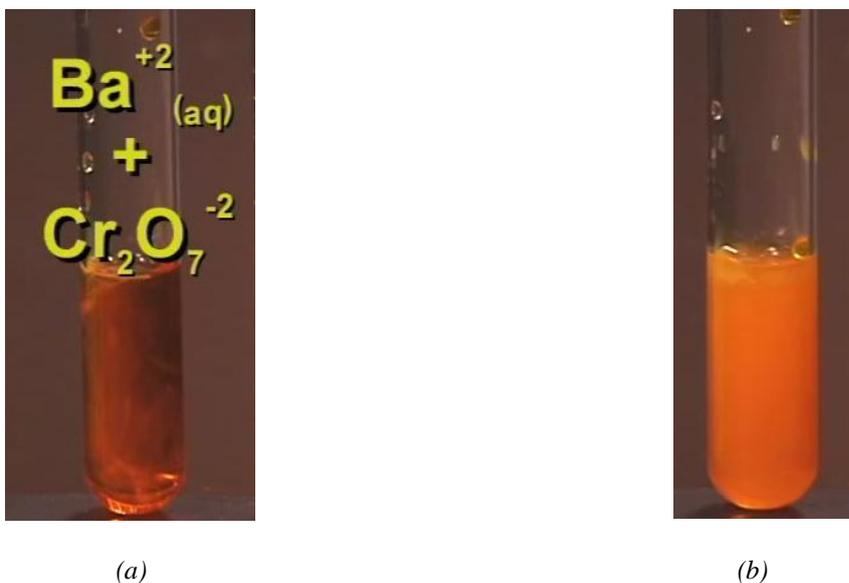


Figura 5: Sistema de solução aquosa com predominância de cromato ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ). (a) Adição de bário apresentada (b) Nova adição de bário. Print screen feito a partir do vídeo disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_jypU3FvS\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=_jypU3FvS_o)

2- Sabe-se que o “galinho do tempo” tem a sua superfície revestida de um composto de cobalto. Quando exposto em um dia com alta umidade, ele apresenta uma coloração rosa e quando exposto num dia mais quente, menos úmido, ele apresenta uma coloração azul.

Levando em consideração as informações dadas a cima e a equação a seguir, utilize a(s) analogia(s) elaborada(s) anteriormente para explicar o comportamento descrito para o “galinho do tempo” nas diferentes condições de tempo.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA QUE CONJUGA  
ANALOGIA E MODELAGEM NO ENSINO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO

THAIS ALVES SILVA

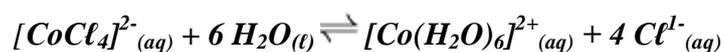


(a)



(b)

Figura 6 – “Galinho do tempo”. (a) Em condições de baixa umidade e (b) Em condições de alta umidade.



2- Você conseguiu explicar os diferentes comportamentos do sistema, no nível submicroscópico (das partículas), a partir de uma mesma analogia?

2.1 Se sim, como?

2.2 Se não, por quê?

3- Como você sabe cientistas também elaboram modelos e analogias quando fazem ciência. Sendo assim, após ter participado dessas atividades, responda:

3.1 Quais as semelhanças você poderia identificar entre elas e a maneira pela qual os cientistas fazem ciência?

3.2 E quais as diferenças entre elas?