

Habilidades cognitivas no desenvolvimento de um modelo para a cola¹

Cognitive skills in the development of a model for a glue

Poliana Flávia Maia¹, Rosária Justi²

1. Universidade Federal de Viçosa, *Campus Florestal*

2. Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo

Atividades de ensino envolvendo modelagem apresentam grande potencial para favorecer o desenvolvimento de habilidades gerais associadas ao pensamento científico. Estas são necessárias em atividades investigativas que exigem a construção ativa do conhecimento por meio da elaboração de modelos relacionados com determinados problemas. Ao participar das mesmas, os estudantes têm a oportunidade de desenvolver seus conhecimentos de conteúdo à medida que desenvolvem habilidades cognitivas. O presente trabalho objetiva identificar quais habilidades investigativas foram empregadas por um grupo de seis estudantes do ensino médio (15-17 anos) ao longo do processo de construção de modelos para o funcionamento de uma cola específica, no contexto de aulas de química. Os dados foram coletados por registro em vídeo, atividades escritas e notas de campo. Os resultados desse trabalho apontam as habilidades investigativas requeridas dos estudantes no referido processo de modelagem, mostrando a articulação e integração de ideias e modelos prévios.

Palavras-chave: habilidades investigativas, habilidades cognitivas, modelagem.

Abstract

Teaching activities using modelling have great potential to foster the development of general skills associated with scientific thinking. Students need such skills when participating of activities that require active construction of knowledge through the elaboration of models related to given problems. By participating in them, students have the opportunity to develop their content knowledge as they acquire cognitive skills. This study aimed at identifying which inquiring skills were used by six high school students (ranging from 15-17 years old) when they participated in the process of building models for explaining how a given glue works, in a chemistry class context. Data were collected from videotaping, writing activities and field notes. The inquiring skills required from those students in the modelling process were identified, showing the articulation and integration of ideas and previous models.

Key words: inquiry skills, cognitive skills, modelling.

Modelagem no desenvolvimento de habilidades investigativas

¹ Apoio: CNPq.

A promoção de um ensino pautado no desenvolvimento de habilidades gerais associadas ao pensamento científico, enfatizando o processo de construção desse conhecimento acima do conhecimento de conteúdos específicos, mas não independente desse, tem assumido lugar de destaque no palco das discussões sobre o ensino de Ciências nas últimas décadas. Tal ensino deve estar pautado em uma aprendizagem centrada no pensamento. Assim, a retenção de conhecimentos e o uso ativo desses, ao lado do desenvolvimento da compreensão, são consequências de uma experiência de aprendizagem em que o estudante ‘pensa sobre’ e ‘pensa com’ o que ele está aprendendo (MCGREGOR, 2007), isto é, uma experiência em que ele faça uso do seu aprendizado como ferramenta para a aquisição de novos conhecimentos. Muitos estudos na área de ensino de Ciências (por exemplo, CLEMENT, 2008; MAIA e JUSTI, 2009) têm descrito a condução de atividades que promovem um ensino como caracterizado anteriormente, com especial destaque às atividades que envolvem o processo de investigação científica.

Os estudos conduzidos sobre o ensino de investigação científica apontam a necessidade de inserção do aluno em atividades que promovam o desenvolvimento desse conhecimento de maneira ativa, isto é, através de atividades em que o aluno é um sujeito que conduz uma investigação. Isto permite não só o desenvolvimento do conhecimento sobre como a Ciência é construída, mas também proporciona o desenvolvimento de habilidades durante a condução do processo (ZOHAR e NEMET, 2002). Identificar princípios da Ciência, usá-los no processo de investigação e até mesmo empregar recursos tecnológicos são práticas científicas essenciais para o desenvolvimento desse processo.

Atividades investigativas tendem a promover o desenvolvimento de habilidades do pensamento científico por meio de quatro demandas fundamentais, que são: “saber o quê”, “saber como”, “saber por que”, e “saber quando e onde aplicar o conhecimento”. Estas demandas mobilizam tanto o conhecimento declarativo (*saber o quê* – em que os estudantes devem conhecer e raciocinar a partir de fatos científicos básicos, conceitos e princípios); conhecimento procedimental (*saber como* – em que os estudantes devem saber aplicar os princípios, fatos e conceitos no processo de “fazer Ciência”); conhecimento esquemático² (*saber por que* – em que os estudantes devem saber explicar e prever fenômenos, entendendo como e porque alegações científicas são validadas, explicando e raciocinando com modelos) e conhecimento estratégico (*saber quando e onde aplicar* – em que os estudantes devem aplicar seu conhecimento em novas situações e problemas) (NATIONAL CENTER FOR EDUCATION STATISTICS, 1997).

Nessa perspectiva, atividades de ensino envolvendo modelagem apresentam grande potencial para favorecer o desenvolvimento desses conhecimentos, sendo defendidas por diversos estudos (por exemplo, NERSESSIAN, 1999; JUSTI e GILBERT, 2002). Em Ciências, um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou ideia que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização, fundamentar a elaboração e teste de novas ideias, possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT, BOULTER e ELMER, 2000). O processo chamado de *modelagem*, por sua vez, pode ser definido como o ato ou processo de criar, testar e reformular modelos para um fenômeno, evento ou ideia

² No sentido de ser aquele que apresenta as ideias principais de uma maneira simples e organizada.

através da seleção, interpretação, compreensão e integração de aspectos relevantes para descrever e explicar o comportamento do mesmo.

As atividades de modelagem são atividades investigativas que exigem a construção ativa do conhecimento por meio da elaboração de respostas – que neste caso consistem em modelos – para determinado sistema em estudo, o qual pode ser concreto ou abstrato. Tal construção ocorre pela integração de modelos prévios, ideias e articulação desses com evidências, sendo o modelo uma possível resposta para o problema inicialmente colocado. Neste trabalho, consideramos que o processo de modelagem acontece a partir de quatro etapas dinâmicas: elaboração de um modelo mental inicial, expressão desse modelo mental em alguma forma de representação (por exemplo, 3D, desenhos, analogias), testes do modelo inicial (que podem ser empíricos ou mentais) e avaliação final do modelo resultante (a partir da definição de abrangências e limitações do mesmo) (JUSTI, 2010).

Nas atividades de modelagem, diversas habilidades cognitivas intrínsecas ao pensamento científico são demandadas dos estudantes. Por exemplo, diante de determinada questão-problema, uma das etapas do processo de modelagem consiste em reunir informações relevantes sobre o sistema em estudo. Para isso, o estudante deverá ser capaz de: observar propriedades do sistema em estudo; selecionar propriedades relevantes (de acordo com o problema proposto), selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva) e buscar informações já disponíveis na literatura. Estas habilidades se manifestam no desempenho do estudante no processo de mobilização e desencadeamento desses processos cognitivos.

A identificação de habilidades investigativas no processo de modelagem

Segundo Kuhn (1989), o pensamento científico é desenvolvido por processos associativos, em que os cientistas conciliam e integram ideias às evidências estudadas, gerando novas ideias e desenvolvendo suas competências na produção do conhecimento científico. Considerando um cientista desenvolvendo suas ações de pensamento, ele é uma pessoa que: (i) é capaz de articular conscientemente a teoria por ele aceita, (ii) reconhece quais evidências podem ou não dar suporte a uma teoria e quais evidências podem ou não contradizê-la e, ainda, (iii) é capaz de justificar a escolha das teorias e coordenar seus campos de aplicação. Esses aspectos são definidos por Kuhn como centrais e essenciais para o pensamento científico. Assim, ao promovermos um ensino de Ciências centrado nos processos e no pensar sobre os processos, podemos contribuir para aproximar o pensamento dos estudantes do pensamento científico.

Duschl e Grandy afirmam que um dos domínios que deve ser focado na introdução de atividades investigativas no ensino são “*as estruturas conceituais e processos cognitivos usados quando se raciocina cientificamente*” (DUSCHL e GRANDY, 2008, p. 3). Isto está de acordo com as ações do pensamento referidas por Kuhn, o que reforça a utilização de atividades voltadas à promoção do raciocínio científico, como são as atividades investigativas.

Assim, a condução de um ensino fundamentado no processo de modelagem pode ser vista como uma excelente oportunidade para o desenvolvimento e compreensão de habilidades de investigação científica, em especial as cognitivas. Isto porque elaborar um modelo implica em: buscar, selecionar e integrar itens que são considerados relevantes no contexto de uma questão particular, gerar hipóteses que deverão originar um modelo inicial, o qual será submetido a um ciclo de teste, revisão e reelaboração até a produção de descrições e explicações satisfatórias para a questão.

Segundo Halloun,

“as complexidades empírica e de raciocínio aumentam progressivamente dentro e ao longo de cada etapa do processo, isto é, dentro de um dado modelo e de um modelo para o outro” (HALLOUN, 2004, p. 144).

Ainda segundo este autor, essa progressão ocorre em atividades de modelagem empregadas no ensino a partir de modelos básicos elementares. Esses modelos são empregados no processo de modelagem e são gradualmente refinados até que eles se tornam mais adequados para explicar o que é pretendido. Os modelos tendem a ser construídos inicialmente como modelos descritivos e, depois, como modelos explanatórios. A função do modelo tende a progredir à medida que novos referenciais são acrescentados, levando ao desenvolvimento de modelos mais abrangentes.

Assim, ao longo de cada processo de modelagem e de um processo para o outro é possível assumir que são criadas oportunidades para o indivíduo empregar, aperfeiçoar e mesmo sofisticar uma série de habilidades, o que é parte do processo de desenvolvimento do próprio raciocínio do indivíduo.

Na prática em sala de aula, quando os alunos participam de atividades de modelagem, o desenvolvimento dessas habilidades dos estudantes deve ser acompanhado pelo professor que pode, então, fornecer um feedback em relação ao aprendizado e em relação à própria condução da atividade de modelagem. Assim, o processo de ensino pode ser constantemente avaliado, repensado e, se necessário, reestruturado.

Contudo, ao mesmo tempo em que salientam a importância do ensino pautado no desenvolvimento de habilidades, muitos estudos apontam que existe grande dificuldade de acompanhar o processo de aprendizagem e de mobilização dessas habilidades, uma vez que elas comumente demandam diversas ações mentais de difícil acesso (MILLAR, 1989; VOLLMEYER, BURNS, & HOLYOAK, 1996).

Para viabilizar a identificação das habilidades manifestadas pelos estudantes ao longo do processo de modelagem, este trabalho se baseia no quadro de habilidades proposto por MAIA (2009) para a identificação das habilidades associadas ao processo de investigação científica e a relação destas com as etapas que constituem o processo de modelagem.

Etapa do processo de modelagem	Habilidades relacionadas
Elaboração do modelo	Analisar e compreender a situação-problema. Sistematizar o problema por meio da formulação de questões. Observar propriedades do sistema em estudo. Selecionar conhecimentos prévios (na estrutura cognitiva). Buscar informações já disponíveis na literatura. Identificar propriedades do sistema ou conhecimentos prévios sobre o sistema em estudo que sejam relevantes. Conhecer diferentes formas de obter e relacionar informações. Selecionar ideias e modelos prévios. Aplicar modelos e ideias prévias a novas situações. Integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos
Expressão do modelo	Utilizar e interpretar diferentes formas de expressão e representação.

	Comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas.
Teste do modelo	Elaborar questões hipotéticas. Planejar e conduzir experimentos adequados. Identificar variáveis relevantes. Selecionar procedimentos. Analisar os resultados obtidos e as implicações dos mesmos. Planejar experimentos adequados. Identificar variáveis relevantes. Selecionar procedimentos. Utilizar instrumentos de medição e de cálculo. Coletar, analisar e interpretar os dados.
Avaliação do modelo	Analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos. Estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo, envolvendo novas situações e/ou informações.

Quadro 1: Habilidades utilizadas em atividades de Modelagem. (MAIA, 2009)

Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo discutir como uma atividade de modelagem intitulada “Por que a cola cola?” promoveu o desenvolvimento e/ou a manifestação de habilidades investigativas associadas ao pensamento científico.

Metodologia

A amostra e o contexto da pesquisa

Os dados foram coletados em um contexto regular de ensino de química, em uma turma da segunda série do ensino médio de uma escola pública federal de Belo Horizonte, constituída por 32 estudantes (15-17 anos) que, habitualmente, trabalhavam em grupos fixos de 5 a 6 componentes. Para viabilizar o acompanhamento detalhado do processo de construção do modelo, estes foram coletados e analisados para apenas um dos grupos.

A seleção da turma se justificou pelo fato de a professora de química apresentar grande experiência na condução de atividades de modelagem e habitualmente desenvolvê-las em suas aulas. Além disso, a professora havia programado o desenvolvimento de várias atividades de modelagem ao longo do ano, que estariam de acordo com o programa de conteúdos desenvolvido pela escola para aquela série.

Os dados foram coletados ao longo da construção de modelos em uma atividade de ensino intitulada “Por que a cola cola?”. Tal atividade foi proposta aos alunos no início do ano letivo, tendo como objetivo fundamentar uma discussão geral sobre o processo de modelagem, antes que os alunos participassem de atividades de modelagem envolvendo temas químicos. O problema foi apresentado pela professora, problematizado em forma de uma questão:

“Foi desenvolvida uma nova cola para papel e madeira, mais poderosa do que as colas normais e com secagem instantânea. Contudo, não se sabe qual o mecanismo de funcionamento desta cola, pois nem seus criadores propuseram um mecanismo para seu funcionamento. Portanto, precisamos responder a seguinte questão: “Por que a cola cola?”.

Como a cola é um novo material, esta resposta não está disponível na literatura. Assim, seu papel é solucionar esta questão. Por isso, solicitamos que você desenvolva um modelo (em nível submicroscópico) que explique como esta cola funciona. Registre seu modelo no espaço abaixo (através de desenhos e/ou verbalmente).”

Nesta atividade os estudantes tiveram de elaborar modelos para o funcionamento da cola, levando em consideração as características do sistema (apresentadas na atividade) e seus conhecimentos prévios que poderiam ser relacionadas a tal situação (como conhecimentos sobre ligações, interações, características e funcionamento de outras colas conhecidas por eles, entre outros). Durante a elaboração dos modelos, a professora acompanhou as discussões, algumas vezes questionando os estudantes (com o propósito de favorecer a reflexão dos mesmos sobre o modelo que estavam propondo) ou disponibilizando algumas informações (solicitadas pelos estudantes e/ou que a própria professora julgava relevante no momento, mas sem fornecer respostas ou modelos prontos para o sistema em estudo).

Coleta e análise de dados

Com o propósito de permitir o acompanhamento do desenvolvimento das ideias e habilidades dos estudantes em todos os momentos do ensino, foram coletados dados por diversos meios: atividades escritas, registro em vídeo, notas de campo e entrevistas. Estes dados foram usados em conjunto no processo de análise, proporcionando a reconstrução do processo de elaboração de modelo pelo grupo e, com isso, o detalhamento do processo. Isto contribuiu para aumentar a disponibilidade de dados que favorecessem a análise do processo de construção do modelo, além de proporcionar maior confiabilidade dos dados por uma corroboração entre eles.

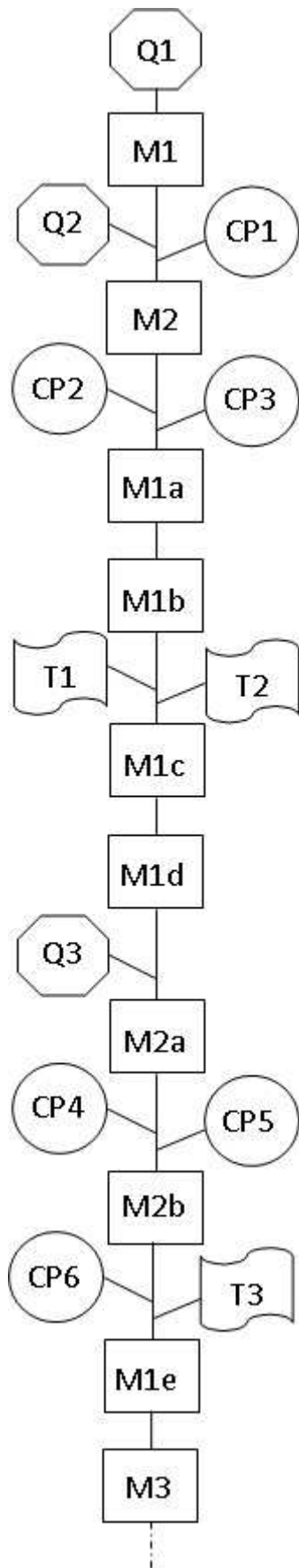
Uma vez que a atividade foi desenvolvida em grupo, quando um estudante expressou uma determinada ideia, assumimos que esta se tornou um conhecimento compartilhado no grupo, isto é, a ideia foi disponibilizada para todos e, diante dela, os outros estudantes poderiam concordar com tal ideia, dando prosseguimento ao desenvolvimento do raciocínio ou discordar de tal ideia e apresentar argumentos para refutá-la.

A análise realizada foi realizada buscando-se identificar quais habilidades cognitivas foram empregadas pelos estudantes durante o processo de elaboração do modelo, identificando-se, ainda, os conhecimentos prévios mobilizados e integrados pelos estudantes durante a modelagem.

Resultados e discussão

A construção do modelo

Para a construção do modelo para a cola, os estudantes levaram em consideração as características da cola – ser forte, colar instantaneamente e ser específica para papel e madeira – e fizeram uso de conhecimentos prévios, tanto escolar quanto cotidiano. A fim de sintetizar o processo de construção do modelo final para o sistema, elaboramos um esquema deste processo, apresentado na figura 1. Neste esquema, os eventos são apresentados em ordem cronológica, as falas dos estudantes são apresentadas em itálico e os códigos utilizados são: Q = questão expressa por aluno, CP = conhecimento prévio, T = teste do modelo, A = avaliação do modelo e Mx = modelo, onde x é um número de ordem.



Q1: “Será avaliado se a explicação está certa?”

M1: As partículas de madeira interagem com as de cola e essas com a madeira novamente.

Q2: E por que a cola é instantânea?

CP1: Quando se coloca a cola entre duas folhas de papel, uma fica deslizando na outra.

M2: O papel ou a madeira absorvem água rapidamente, o que explica o fato de a cola ser instantânea.

CP2: “Pode ser que um catalisador faça a cola colar rapidamente.”

CP3: “Se a cola é mais poderosa, ela tem interações mais fortes.”

M1a: Como a madeira e o papel não têm superfície lisa, esses materiais possuem poros para a cola entrar e poder grudar.

M1b: A cola é forte porque ela é mais concentrada.

T1: “Se for uma cola normal mais concentrada, ela não vai ser mais forte, ela vai colar a mesma coisa.”

T2: “Em uma cola escolar à base de água, se você colocar muita água ela não vai ser cola mais.”

M1c: A cola é mais forte porque apresenta partículas com interação maior, não porque é mais concentrada.

M1d: “A interação de cada partícula é a mesma, mas como tem mais partículas, a interação acaba sendo maior.”

Q3: “Por que a cola seca rápido?”

M2a: Quanto menos água e mais partículas de cola ela tiver, mais rápido ela vai secar.

CP4: A celulose interage com a água, absorvendo-a.

CP5: A cola é específica porque “tem um material na madeira e no papel, que não tem no ferro, por exemplo, que vai interagir”.

M2b: “O material vegetal que absorve a cola é mais poroso, por isso ela cola melhor e mais rápido.”

CP6: Retomam a ideia de que o papel interage com a água.

T3: “Se você colocar uma gota de cola e esperar para colocar o outro papel não vai colar”.

M1e: “O soluto interage com a água e a água com o outro material. Precisa ter alguma coisa que liga os dois materiais.”

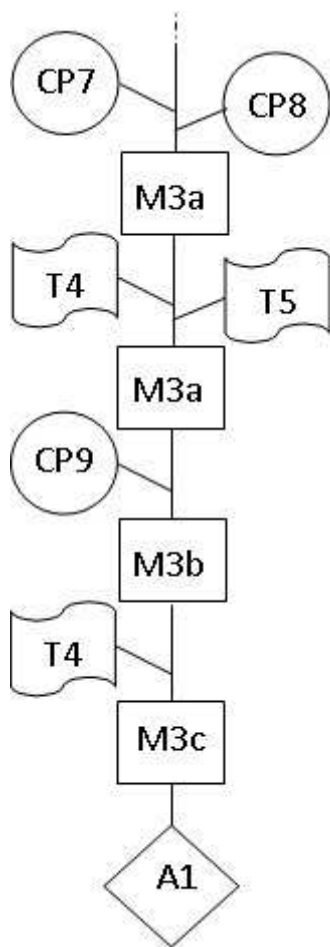
M3: “O movimento de absorção faz com que as partículas de cola sejam carregadas para dentro do material, fazendo uma interação entre eles.”



Papel/madeira

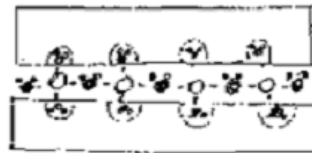
poros

cola



CP8: “A interação tem que ocorrer entre o papel e a cola porque se o papel interagir só com a água não vai colar.”

M3a: “A cola entra para dentro das duas partes, mas ainda fica um pouco de cola no meio para continuar colando.”



T4: O grupo salienta a necessidade da existência das partículas de cola, pois “madeira com madeira se encostar não vai colar”.

T5: Destaque da necessidade de existência das partículas de cola: “se apenas a água entrar nas duas partes não vai colar”.

M3a: O grupo reforça o modelo M3a destacando que a condição para colar é a cola penetrar nas duas partes coladas.

CP9: “A água interage mais com o papel, porque fica uma casquinha de cola no meio.”

M3b: Para que um material cole no outro, é necessário que fique um pouco de cola na superfície dos mesmos.

T4: Questionamento do modelo anterior: “se a cola ficasse só na superfície ela ia continuar colando mesmo depois de seca, então ela tem que ir para outro lugar”.

M3c: A água é absorvida pela celulose entrando nos poros do material, a água evapora e o “soluto” (partículas de cola) faz a interação entre os materiais (papel ou madeira). Esta cola é mais forte e cola instantaneamente porque é mais concentrada e, com isso, tem menos solvente (o solvente evapora rápido).

A1: Teste da abrangência em outros contextos: este modelo não explica como funciona a cola de sapateiro.

Figura 1: Esquema de elaboração do modelo.

As habilidades envolvidas no processo

A atividade de modelagem desenvolvida pelo grupo foi iniciada pela compreensão dos objetivos explicitados na própria atividade, não requerendo do grupo a elaboração dos mesmos. Ao longo da atividade, foi possível observar que os estudantes compreenderam adequadamente seus objetivos ao salientarem os aspectos que deveriam ser explicados pelo modelo final: *explicar porque a cola em questão é mais forte e porque ela cola instantaneamente* – isto associado à especificidade de uso da cola (para papel e madeira). A identificação dos objetivos do modelo não ficou restrita ao início da atividade de modelagem, sendo possível identificar que os estudantes retomaram tais objetivos no decorrer da mesma, com o intuito de destacar algum aspecto que deveria ser observado na composição do modelo. Isto pode ser observado em um questionamento que antecedeu a elaboração de **M2a** (“Por que a cola seca rápido?”) ou em colocações que antecederam o modelo **M2b** (“O que importa é que tem um material na madeira e no papel, que não tem no ferro, por exemplo, que vai interagir.”)

e **M3a** (“*A interação tem que ocorrer entre o papel e a cola porque se o papel interagir só com a água não vai colar.*”).

O uso de conhecimentos prévios teve grande influência na identificação das características do sistema, pois sem a oportunidade de observar fisicamente o sistema descrito na atividade, os estudantes se remeteram a sistemas do dia-a-dia, em que eles fazem uso de cola de papel. Isto foi importante para a seleção de propriedades que foram incorporadas para descrever o sistema modelado e para prover informações sobre o mesmo, sendo possível observar a seleção de conhecimentos coerentes em diversas etapas do processo. Por exemplo, os estudantes iniciaram suas discussões buscando explicar porque a cola é instantânea e, em relação a isso, um estudante levantou a seguinte hipótese: “*Pode ser que um catalisador faça a cola colar rapidamente*”. Isso mostra o emprego de um conhecimento anterior na tentativa de explicar um aspecto do sistema em estudo.

O levantamento de propriedades irrelevantes ocorreu em um momento restrito durante esta atividade, quando um estudante fez a seguinte observação: “*Se a cola seca mais rápido e é mais poderosa, ela cola melhor*”. Esta observação foi irrelevante tanto para o prosseguimento das discussões quanto para a compreensão do problema em questão, mas não comprometeu a sequência do processo.

A seleção insatisfatória das propriedades cruciais do sistema durante a atividade ocorreu como consequência de os estudantes tentarem explicar as características do sistema de forma independente, associando cada uma delas (a força da cola, o fato de ela ser instantânea, ou a aplicação exclusiva para papéis e madeira) a um elemento diferenciado no modelo. Isto foi identificado no momento da expressão dos modelos intermediários, como em **M1a** (que explicou apenas como a cola interage com papel e madeira), **M2** (em que os estudantes explicaram o fato de a cola ser instantânea), **M2b** (que explicou porque a cola é poderosa e instantânea, mas não explicou o fato de ela ser própria para madeira e papel) e **M3** (em que os estudantes explicaram como a cola funciona, mas sem explicar seus atributos).

Modelos previamente estudados pelos estudantes, como os de interações e concentração, foram pontos de partida adequados para a elaboração dos seus modelos, tanto intermediários quanto o final. Por exemplo, (i) os modelos **M1c**, **M1e**, **M3** explicitavam claramente uma analogia entre a interação entre cola e papel (ou madeira) com outras interações previamente estudadas e, (ii) no caso do modelo **M2a**, ficou nítido o estabelecimento da analogia entre a força da cola e a concentração da mesma.

A elaboração dos modelos nessa atividade partiu essencialmente dos modelos e conhecimentos prévios dos estudantes, não sendo observada a proposição de formas de coletar informações adicionais, ou mesmo questionamentos à professora.

A expressão dos modelos no grupo ocorreu principalmente pelo uso de representação verbal e gestual, quando os estudantes fizeram movimentos com as mãos e usaram materiais escolares para representar as partes coladas que estariam em contato no sistema (por exemplo: mão-borracha-mão representando papel-cola-papel). Modelos bidimensionais foram usados apenas nas atividades escritas, como representado na figura 2. Esses continham códigos elaborados pelos alunos, mas baseados em representações previamente estudadas, em especial modelos de partículas, para representar as moléculas de cola.

A comunicação das ideias para a turma não ocorreu nesta atividade, o que dificultou a avaliação das habilidades dos estudantes em relação a este aspecto, sendo considerados

apenas a representação em desenho do modelo final registrado na atividade escrita e os momentos em que os estudantes explicitaram seus modelos para a professora. O grupo fez uso de representações bidimensionais bastante claras, com legendas e acompanhadas de explicações escritas, como exemplificado na figura 2.

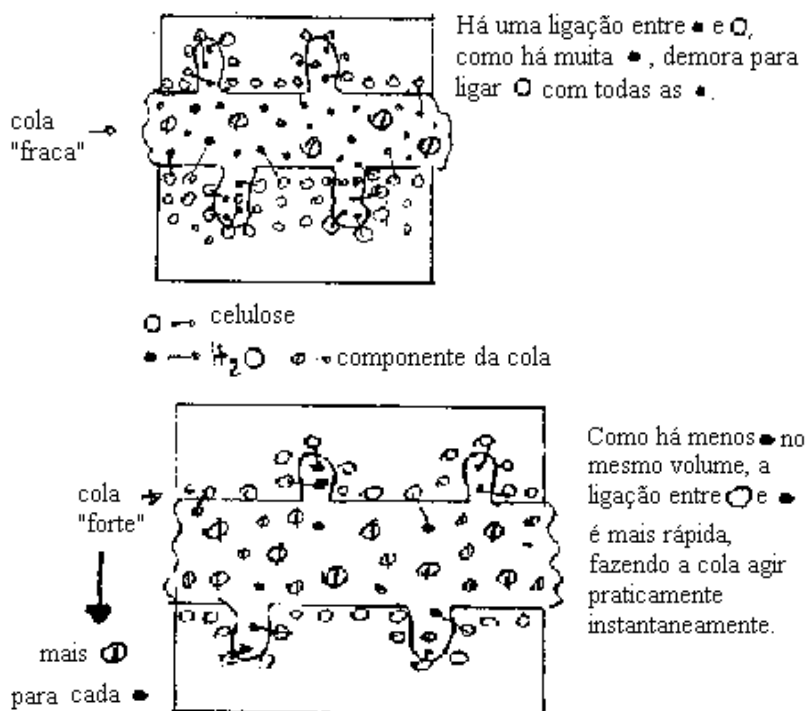


Figura 2: Modelo expresso na atividade escrita para explicar o funcionamento da cola.

A explicitação dos modelos para a professora também ocorreu de forma clara e com justificativas coerentes em quase todos os momentos, mesmo que o modelo não estivesse completo (isto é, mesmo que o grupo não tivesse, ainda, incorporado todos os elementos cruciais do modelo, como ocorreu em **M3a**). Na expressão do **M3b**, contudo, as justificativas não foram apresentadas.

As etapas de testes dos modelos foi conduzida a partir dos conhecimentos prévios dos estudantes, quando os mesmos compararam as características dos sistemas físicos que eles conheciam com os modelos propostos ao longo da atividade de forma satisfatória. Este processo foi importante para os estudantes reelaborarem seus modelos e acrescentarem aspectos que não haviam sido contemplados anteriormente. Isto foi observado na transição de **M1b** para **M1c**, quando um estudante questionou **M1b** em relação ao papel da concentração: “Em uma cola escolar à base de água, se você colocar muita água ela não vai ser cola mais”. A partir disso, na proposição de **M1c**, os estudantes atribuíram a força da cola a outro fator: a intensidade da interação entre as partículas. O teste do modelo **M3a** foi importante para eles confirmarem uma ideia relevante apresentada nesse modelo: para que a cola cole, não apenas a água entra nos poros do papel e da madeira, mas a cola também tem que entrar nos poros.

O emprego do modelo para explicar o funcionamento de outros tipos de cola – no caso, a cola de sapateiro – foi proposto pelo próprio grupo. Nesse momento, os estudantes verificaram que o modelo proposto por eles estava restrito ao contexto apresentado pela atividade, não sendo capaz de explicar, por exemplo, como funciona a cola de sapateiro. Isto evidenciou que os estudantes realizaram uma análise coerente, identificando limitações de seu modelo.

Conclusão

Os exemplos mais claros de associação entre as habilidades investigadas e a condução do processo de modelagem foram:

- A busca por ampliar o conhecimento sobre os sistemas em estudo – seja por meio da *identificação de propriedades do sistema* (que ocorreu pela interpretação das informações apresentadas nas atividades ou, ainda, pelos conhecimentos prévios dos estudantes sobre os sistemas ou aplicáveis aos mesmos) – se mostrou fundamental para que eles fossem capazes de *reunir informações necessárias para serem integradas na elaboração de seus modelos*. Nesse sentido, a seleção de conhecimentos e informações coerentes foi decisiva para a posterior elaboração de um modelo adequado ao sistema em estudo. A atividade contribuiu amplamente para que os estudantes manifestassem, em diversos momentos, habilidades relacionadas à seleção e ao emprego dessas informações.
- A *seleção de modelos prévios apropriados ao sistema em estudo* se mostrou essencial na definição da origem dos modelos, isto é, de analogias que pudessem fundamentá-los. Os estudantes estabeleceram analogias adequadas entre modelos conhecidos e os sistemas em estudo.
- A *integração de ideias, modelos prévios e informações sobre os sistemas para elaboração dos modelos tendo em vista os objetivos definidos anteriormente* foi uma habilidade claramente observada nos processos vividos pelo grupo, uma vez que os modelos propostos por eles buscaram abranger aspectos teóricos associados às observações empíricas sobre os sistemas e se apresentaram em acordo com os propósitos iniciais traçados para o modelo.
- A presença de oportunidades para que os estudantes empregassem seus modelos em contextos mais amplos – apesar de ter ocorrido em poucos momentos ao longo do processo – mostrou-se imprescindível para que eles avaliassem o modelo final, isto é, *considerassem as abrangências e limitações de seus modelos*. Isto ocorreu espontaneamente, à medida que o relacionamento com outro sistema (cola de sapateiro) favoreceu o emprego do modelo desenvolvido em um novo sistema.
- A *expressão/comunicação de ideias* foi feita com correção e clareza ao longo de todo o processo, com ênfase no uso de representações verbais para a expressão dos modelos. Outras formas de representação (gestual, simbólica ou tridimensional) foram utilizadas com menor frequência. A socialização de ideias dentro dos grupos foi especialmente importante para que os estudantes repensassem a seleção de conhecimentos e eliminassem aqueles que se mostravam incoerentes com o modelo que eles estavam elaborando.

Julgamos que uma importante contribuição desta pesquisa é a possibilidade de se estabelecer uma associação clara entre a modelagem e uma série de habilidades investigativas, o que reforça o potencial desse processo no desenvolvimento de tais habilidades. Entretanto, esta afirmação não nos faz considerar que apenas a criação de um contexto para se empregar determinada habilidade não garante que esta será desenvolvida. Por exemplo, o estudo desenvolvido por Gomes (2005) evidenciou uma série de dificuldades de os estudantes empregarem determinadas habilidades mesmo depois de terem participado de atividades que as demandavam. Acreditamos que o pleno desenvolvimento das habilidades ocorre em contextos adequados, através do engajamento dos estudantes na condução do processo de aprendizagem e com a realização de avaliações que permitam apontar falhas e propor alterações no processo.

Assim, apesar de não *garantir* o desenvolvimento das habilidades pretendidas, defendemos que a proposição de diversas atividades de modelagem, adequadas à participação do estudante, pode potencializar o exercício do pensamento uma demanda cognitiva que pode levar ao desenvolvimento de tais habilidades.

Referências Bibliográficas

CLEMENT, J. J. Model based learning and Instruction in Science. In J. J. CLEMENT. M. A. REA-RAMIREZ (ED). **Model Based Learning Instruction in Science**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 1-9.

DUSCHL, R.; GRANDY, R. Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Framing the Debates. In DUSCHL, R.; GRANDY, R. (Ed), **Teaching Scientific Inquiry**. Rotterdam: Sense Publishers, 2008. p. 1-37.

GILBERT, J. K., BOULTER, C. J. & ELMER, R. Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K. GILBERT. C. J. BOULTER (Ed.), **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 3-18.

GOMES, A. D. T. **Reconhecimento e Uso de Testes Experimentais no Laboratório Escolar**. 2005. 183 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HALLOUN, I. A. **Modeling Theory in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2004. 264 p.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no ensino de química: um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos. In: SANTOS, W. L. P.; MALDANER, O. A.(Org) **Ensino de Química em Foco**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010, p. 209-230.

JUSTI, R.; GILBERT, J.K. Modelling, teachers' views on the nature of modeling, implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**, v.24, n.4, p. 369-387, 2002.

KUNH, D. Children and Adults as Intuitive Scientists. **Psychological Review**, 96, 674-689, 1989.

MAIA, P. F., **Habilidades investigativas no ensino fundamentado em modelagem**. 2009. 230 f. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MCGREGOR, D. **Developing Thinking Developing Learning**. London: Open University Press, 2007. 240 p.

MILLAR, R. What is the scientific method and can it be taught? In J. J. WELLINGTON (Ed.), **Skills and Process in Science Education: A critical analysis**. New York: Routledge, 1989. p. 47-62.

NATIONAL CENTER FOR EDUCATION STATISTICS. **The NAEP Guide: A Description of the Content and Methods of the 1997 and 1998 Assessments**. Washington: U.S. Government Printing Office, 1997.

NERSESSIAN, N. J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In L. MANGANI; N. J. NERSESSIAN; P. THAGARD (Eds.), **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, 1999. p. 5-22.

VOLLMEYER, R; BURNS, B. D.; HOLYOAK, K. J. The Impact of Goal Specificity on Strategy Use and the Acquisition of Problem Structure. **Cognitive Science**, vol.20, p. 75-100, 1996.

ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, vol.39, p. 35-62, 2002.