

Contribuição de simuladores para o desenvolvimento de modelos mentais de alunos sobre estados físicos da matéria.

Aline dos Santos^{1*}(IC), João Pedro da Silva Fidelis¹(IC), Suzane Rosa da Silva ¹(IC), Gustavo Bizarria Gibin¹(PQ)

*Insts@outlook.com.br

¹Departamento de Química e Bioquímica – UNESP / FCT, Presidente Prudente, SP, Brasil.

Palavras-Chave: Simuladores; modelos mentais; estados físicos da matéria.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi analisar as representações dos modelos mentais dos estudantes da primeira série do Ensino Médio sobre o conceito de estados físicos da matéria. O referencial teórico utilizado foi a teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983). Foram utilizados simuladores para auxiliar o desenvolvimento dos modelos mentais dos estudantes sobre esse conceito. O tema foi selecionado por consistir em um conteúdo brevemente apresentado no Caderno do Aluno. O uso dos simuladores proporciona de maneira atrativa a visualização do processo sob o ponto de vista submicroscópico da mudança de estado físico. Assim, permite a construção do modelo mental acerca da constituição da matéria. A análise dos resultados evidenciou que o uso de simuladores possibilitou uma melhora de 4% na representação geral dos estudantes a nível submicroscópico das espécies químicas, assim, os estudantes demonstraram enriquecimento no domínio da representação do modelo mental construído.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências apresenta-se como um desafio, tanto para os docentes quanto para os estudantes, pois exige alto domínio de abstração, ou seja, estabelecer uma relação entre a realidade e a explicação. Assim, muitas vezes compreender o raciocínio do aluno torna-se uma tarefa difícil, uma vez que conhecer apenas uma resposta a determinada situação-problema não define o real conhecimento do estudante, é preciso analisar os pensamentos que o levou a tal conclusão. Portanto, de maneira geral, temos que o aluno aprende por absorção de conteúdo, mas de que forma esse conteúdo é absorvido? A informação adquirida pelo estudante nem sempre reflete a realidade que lhe foi apresentada, pois o processo construção do conhecimento dependerá de que maneira essa informação foi absorvida e como foi associada à sua interpretação e assim, mentalmente, o estudante veio a construir essa informação.

Estudos mostram que os estudantes se tornam mais susceptíveis a compreender o ensino de ciências, seja na área biológica, no estudo de Física ou de Química por meio da experimentação, sendo a Química uma das áreas que mais emprega a experimentação como instrumento auxiliar do professor, GIORDAN (1999), afirma que

A experimentação deve também cumprir a função de alimentadora desse processo de significação do mundo, quando se permite operá-la no plano da simulação da realidade (GIORDAN, 1999, p. 47)

Porém, a realização de experimentos implica em uma série de atividades que podem inviabilizar o seu uso, relata BUENO e KOVALINCZ (1999) que devido a precariedade, indisciplina dos alunos, tempo hábil para realização dos experimentos nem sempre o objetivo é alcançado através da experimentação. Apesar de demonstrar

que para que o pensamento científico do estudante seja desenvolvido, a experimentação se torna, na maioria dos casos, eficaz, pois o estudante integra a importância da prática com a teoria, podendo debater suas ideias de maneira mais crítica, pois ao interagir com o experimento ele estimula a motivação, criatividade e o trabalho em equipe, além de trazer o conceito mais perto da realidade do estudante, ou seja, tornando um pouco mais “concreto” o conceito que muitas vezes é visto como desnecessário pelos estudantes.

Para a construção do saber, a experimentação nem sempre representará toda a essência da informação que deseja ser mediada ao estudante. No ensino de Química, é comum encontrar experimentos que envolvam a mudança de cor, a transformação, formação ou consumo de substâncias, e visualmente temos o mundo macroscópico, que traz o interesse ao conteúdo trabalhado, porém, a nível submicroscópico o estudante ainda precisa construir seu modelo sobre o que está acontecendo. Como estão as substâncias? Como são “idealizadas”? Os estudantes imaginam com riqueza de detalhes? Em sua idealização existe a conexão com demais conceitos, como a presença de núcleos atômicos ou de elétrons em seus modelos mentais, ou das demais informações já adquiridas que possam contribuir para o modelo que ele criou sobre um átomo, por exemplo. Para isso, conhecer o modelo mental que o estudante possui é crucial para entender o quanto e como a informação é construída.

Assim, a representação, notação ou qualquer conjunto de símbolos é fundamental para o ensino de Ciências, a partir delas o estudante passa a internalizar o mundo exterior e reconstruí-lo no mundo interior, ou seja, na sua imaginação. Tal processo ocorre, como definido por Johnson-Laird (1983), por meio da construção de modelos mentais que, de modo mais abrangente, são considerados como blocos de construção cognitivos que se combinam a medida que mais informações são adquiridas, ou quando é necessário reestruturar o saber. O modelo mental tem como principal objetivo, permitir ao seu construtor iniciar o pensamento dedutivo, ou seja, realizar previsões e explicar o meio exterior que ele representa.

MODELOS CONCEITUAIS E MODELOS MENTAIS

No ensino, ao mediar as informações, o professor faz uso de meios para facilitar a compreensão de sistemas físicos, MOREIRA (1996) define modelo conceitual como sendo

[...] um modelo preciso e completo do sistema físico que é inventado para facilitar a construção do modelo mental (que não é preciso, consistente, e completo mas deve ser funcional) adequado (com poder explicativo e preditivo) do sistema físico (MOREIRA, 1996, p.202)

Assim, o modelo conceitual é criado pelo professor, que opera seu modelo mental do modelo conceitual, afim de mediar a informação para que o estudante possa estruturar seu modelo mental.

Os modelos mentais, por sua vez, representam os estados físicos, ou estado das coisas abstratas que as pessoas constroem, onde o conhecimento e sua experiência referente ao sistema limita seu modelo mental.

De maneira geral, os modelos conceituais têm por objetivo levar a formação de modelos mentais mais adequados, uma vez que estes podem evoluir à medida que o construtor interage e passa a ter maior domínio sobre as informações do sistema físico. A partir do momento em que o construtor evolui seu modelo mental sobre o sistema as explicações e previsões sobre ele se tornam mais adequadas.

A Química atua em três níveis, macroscópico, submicroscópico e simbólico. O nível macroscópico trata das transformações da matéria, no qual é possível observar mudanças como as cores das folhas durante o outono, a queima de metais gerando emissão de luz. O nível submicroscópico refere-se ao sistema em que não podemos observar diretamente, interpretando fenômenos da matéria considerando sua interação (arranjo dos átomos). Este nível, submicroscópico, é usualmente ativo pelos cientistas em seus modelos mentais, pois conduzem experiências e prevêem fenômenos baseados em sua interpretação. O nível simbólico representa, através de símbolos, os processos e fenômenos da Química (JOHNSTONE, 2000). A construção de modelos mentais sobre conceitos químicos envolve a compreensão sobre os níveis submicroscópico, macroscópico e simbólico, como expresso na figura 1.

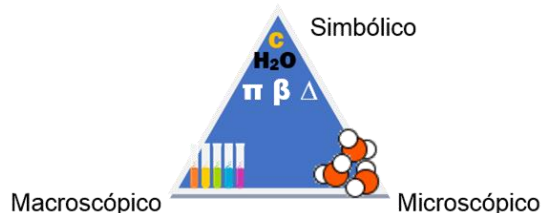


Figura 1: Triângulo dos níveis transitórios em que a Química funciona

Saber transitar entre os níveis em que a Química funciona é essencial para a compreensão durante os estudos. Muitas vezes, os estudantes sentem dificuldade em associar os elementos entre os níveis. Roque e Silva (2008) defendem que é impossível estudar Química sem conhecer e compreender sua linguagem tão específica. Assim, deve-se trabalhar os níveis representacionais da melhor maneira possível, para que o estudante possa, com o tempo, transitar entre os níveis sem dificuldades.

Ressalta-se que, a compreensão dos fenômenos a nível submicroscópico é trabalhosa, pois exige que o estudante tenha a percepção de algo “invisível”. Assim, compreender um evento dependerá do suporte que lhe é dado, e deve ser acompanhado de imagens, simulações, ou outro tipo de sistema que possa permitir a criação de análogos estruturais do mundo, ou seja, a criação de modelos mentais.

Se a compreensão a nível submicroscópico se faz tão importante, a construção de seu modelo mental também se torna fundamental no processo de aprendizagem química. E, considerando um nível representacional não visível, deve-se ter domínio ao mediar os conceitos, pois quando se tem ideia do que causa certo fenômeno ou processo, como modificá-lo, ou relacioná-lo com outros processos, isto é feito por meio de modelos mentais, que segundo Johnson-Laird (1983), são ferramentas que usamos para pensar.

USO DE SIMULADORES COMO OBJETO DE APRENDIZAGEM NO ENSINO DE QUÍMICA

Existem diversos objetos e/ou recursos educacionais atualmente empregados em sala de aula, como suporte no ensino de Química. Dentre eles, podemos destacar os experimentos, modelos atômicos, imagens, vídeos e softwares diversos. Os recursos oferecidos pelos softwares, cada vez mais, atendem as necessidades de facilitar a mediação do conteúdo. TERUYA e MARSON (2013), relatam em seu estudo que a visualização é crucial no ensino de Química e, apesar de pouco empregado, os softwares no ensino apresentaram efeitos positivos. Os autores ressaltam ainda que os softwares que oferecem interatividade com a informação são os mais empregados.

A interatividade com a informação estabelece um elo entre o estudante e o objeto educacional, de maneira que leva o estudante a tomar decisões, a testar e pôr a prova suas dúvidas com relação ao que lhe é apresentado, assim, o uso de simuladores que oferecem certo grau de liberdade ao estudante é fundamental para o processo de aprendizagem, uma vez que permite um estudo investigativo. Nesse contexto, a University of Colorado Boulder desenvolveu o PhET, Physics Education Technology, uma base de pesquisa totalmente gratuita onde apresenta simulações interativas na área de ensino de Ciências e Matemática, que podem ser utilizadas desde o Ensino Médio até a graduação.

QUESTÃO DE PESQUISA

De que maneira o uso de simuladores virtuais para sistemas a nível submicroscópico influencia no desenvolvimento de modelos mentais de estudantes de Ensino Médio sobre o conceito de transformações físicas da matéria?

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo analisar a capacidade dos estudantes em representar sistemas submicroscópico sobre transformações físicas e mudanças de fase, tendo como recurso computacional simulações virtuais.

METODOLOGIA

Para este estudo, foram desenvolvidos questionários, aplicados em duas etapas, em uma escola pública localizada ao centro da cidade de Presidente Prudente – SP, com 4 turmas das primeiras séries do Ensino médio, totalizando 106 estudantes. Primeiramente, foi elaborado um material teórico com os principais pontos a serem discutidos sobre os estados físicos da matéria. O material foi distribuído para os estudantes e explanado em sala antes de iniciar qualquer tarefa. Foram utilizadas duas aulas de Química, totalizando 100 minutos de atividade, por turma. Os estudantes já haviam estudado o conceito de estados físicos da matéria, mas relataram que não se lembravam do conteúdo abordado. Nesta primeira etapa, os estudantes utilizariam o simulador para responder o questionário contendo questões teóricas e representacionais. Na segunda etapa, os estudantes desenvolveriam as representações sem o auxílio do simulador, e foi realizada três meses após a aplicação da primeira etapa.

O caderno do aluno (Química, 1ª série - Volume 1, 2014-2017) apresenta uma situação de aprendizagem para reconhecer quando uma transformação química ocorre partindo de uma reação de decomposição do Carbonato de Cálcio (CaCO_3), comumente conhecida por cal, o estudante é levado a analisar a transformação química e ao passo que a transformação ocorre, a mudança de estado físico também ocorre, assim, é importante salientar que nesta reação ambos processos ocorrem, a transformação química e física da matéria, algo que nem sempre é ressaltado por parecer óbvio.

Após a entrega do material teórico e dos questionários, os estudantes acessaram o site PhET Interactive Simulations (phet.colorado.edu), também disponível em português, e pesquisaram por “Estados da Matéria” ou “States of Mater”. O simulador utilizado representava os estados físicos da matéria quando parâmetros eram alterados como a temperatura, volume e pressão, assim ressaltava a

transformação física demonstrando a mudança entre os estados físicos da matéria. Alguns estudantes relataram que não sabiam discernir quando era uma transformação química ou física, mostrando que havia uma lacuna de informações que, após análise dos resultados, foi preenchida.

O material teórico elaborado apresentava um exemplo de fenômeno químico onde a identidade da substância era alterada, ou seja, foi apresentada aos estudantes uma reação de desidratação da sacarose com ácido sulfúrico, ilustrada pela foto de um experimento, no qual foi observado que não havia mais sacarose no béquer e sim uma espuma escura. No caderno do aluno, a transformação química é trabalhada no primeiro semestre e, de acordo com o Caderno do Professor (Química, 1ª série – Volume 1, 2014-2017), sugere-se que para esta aula o professor questione os estudantes sobre possíveis transformações químicas no cotidiano, desde o início da existência da humanidade. Além disso, o caderno do professor questiona de maneira vaga sobre a parafina que passa de estado sólido ao líquido na confecção de velas e se os estudantes observam um fenômeno físico ou químico, sem antes definir a diferença entre eles. Tal proposta pode gerar conflitos se não for claramente mediada aos estudantes. Assim, o simulador utilizado para esta atividade apresenta o enfoque maior na transformação física, na qual é possível notar a mudança de fase sem a mudança de matéria, que pode ser facilmente interpretada pelos estudantes devido ao nível de interatividade e a representação do mundo submicroscópico ao passo que a transformação ocorre.

A figura 2 apresenta a área de trabalho que o estudante tem acesso como simulador “Estados da Matéria”.

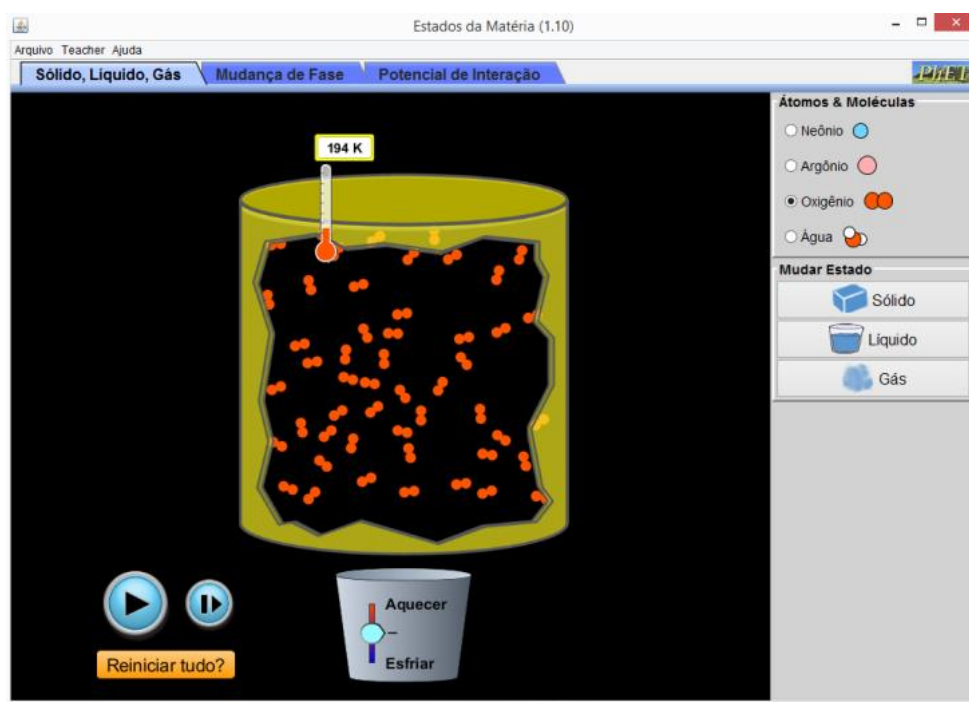


Figura 2: Apresentação do Simulador “Estados da Matéria” PhET Colorado

O simulador “Estados da Matéria” apresenta três modos de operação: Sólido, Líquido e Gás: Mudanças de Fase e Potencial de Interação, descritos no Quadro 1:

Quadro1: Funções oferecidas pelo Simulador “Estados da Matéria”, PhET Colorado

Modo	Funcionamento	Aplicações
Sólido, Líquido, Gás	Quatro opções de átomos/moléculas (Ar, O, Ne e H ₂ O), possibilidade selecionar o estado físico (sólido, líquido e gasoso), termômetro acoplado para acompanhar a mudança de temperatura.	Observar o movimento das espécies ao aquecer ou resfriar o meio observando ao mesmo tempo a mudança de temperatura.
Mudança de Fase	Quatro opções de átomos/moléculas (Ar, O, Ne e H ₂ O) e a possibilidade de utilizar uma molécula fictícia com atração ajustável, termômetro e medidor de pressão para acompanhar as mudanças com o aumento e/ou diminuição da temperatura, opção de aumentar a concentração de espécies no meio	Observar a cinemática das espécies com a opção de variar a pressão interna no meio com ou sem mudança na temperatura e concentração. Apresenta um diagrama defases que permite acompanhamento real na mudança de fase no gráfico Pressão vs. Temperatura.
Ponto de Interação	Duas opções de átomos (Ne e Ar) e um átomo fictício com atração ajustável, opção de mostrar/ocultar forças (repulsão, atração e total).	Observar as forças que atuam entre os átomos através do gráfico de energia potencial vs distância, tornando claro as forças que atuam conforme a proximidade entre eles

Os modos Sólido, Líquido e Gás e Mudança de Fase possibilitam que o estudante analise o processo de transição de fases e manipule diretamente os seguintes fatores: quantidade de matéria, temperatura, pressão e qual a espécie que será utilizada, ou seja, a interatividade total com o fenômeno físico, tornando assim mais atrativo. O estudante pode verificar que determinado fator, por ele estabelecido, influencia no curso do fenômeno.

Além disso, destaca-se ainda que a visualização ocorre em nível submicroscópico do processo de transição, que pode proporcionar o enriquecimento de seu modelo mental, ao comparar os estados da matéria em um nível representacional difícil de ser imaginado.

O modo “Ponto de Interação” não foi utilizado nesta atividade, pois envolve conceitos mais aprofundados como forças de atração e repulsão entre as espécies e não sendo pertinente ao foco do presente trabalho.

No questionário, solicitou-se aos estudantes as representações dos estados físicos nas condições iniciais para os átomos e moléculas, por meio da simbologia dada no simulador, que oferece ampla interatividade ao estudante e permite o controle da temperatura, como pode ser observado na figura 3:

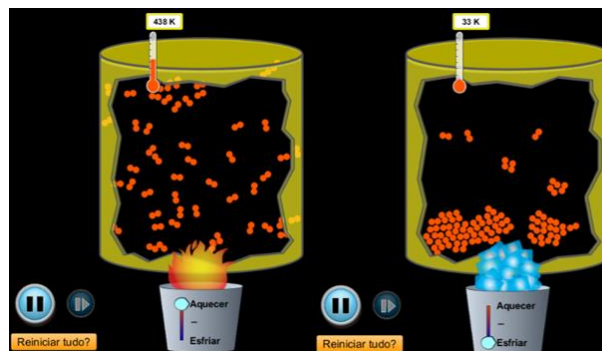


Figura 3: Função de Controle de temperatura no Simulador “Estados da Matéria”

Assim, para uma dada espécie selecionada o estudante tinha controle sobre o processo de transformação física do estado da matéria, determinando quando o processo passaria para sólido, líquido ou gasoso à medida que lhe fosse conveniente.

O material teórico preparado apresentava os fatores que influenciavam na mudança de estado. O principal fator consiste na temperatura, e ao trabalhar com este conceito, torna-se indispensável realizar conversões entre escalas. Portanto, foram elaboradas questões simples nas quais os estudantes pudessem realizar a conversão entre as escalas Celsius e Kelvin.

O questionário foi preparado de maneira que a representação das espécies fosse essencial, porém, questões conceituais foram inseridas para relembrar algumas definições como ponto de fusão e de ebulição, escalas de temperatura e suas conversões. Para isso, os estudantes poderiam utilizar o simulador e seus conhecimentos prévios, bem como todo material que estava acessível para responder as questões.

A segunda etapa deste trabalho foi realizada cerca de três meses após a primeira e para isso foi elaborado um questionário, no qual os estudantes apenas representariam as espécies nos três estados físicos da matéria.

O questionário utilizado assemelhava-se ao da primeira etapa, porém, sem o auxílio do simulador os estudantes iriam representar seu modelo mental de acordo com a simbologia dada. Esta atividade realizada de modo individual e sem consulta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atividades produzidas pelos estudantes geraram grande quantidade de material para análise, todavia, tendo como objetivo verificar o modelo mental dos estudantes sobre o processo de transformação física, os resultados apresentados referem-se apenas às representações dos modelos desenhados na etapa 1 e 2, bem como uma comparação entre as etapas.

Para isso, tomou-se como parâmetros principais os elementos encontrados nas respostas dos estudantes, apresentadas no Quadro 2:

Quadro2: Parâmetros para análise de resultados.

Elemento analisado	Descrição
Distância entre espécies	Representaram claramente uma distância entre as espécies diferenciando um estado físico do outro (sólido, líquido, gasoso).
Diferenciação entre átomos e moléculas	Representaram de maneira clara que para as espécies diatômicas e molécula de água, a simbologia era de uma molécula e diferenciava da simbologia de um átomo de

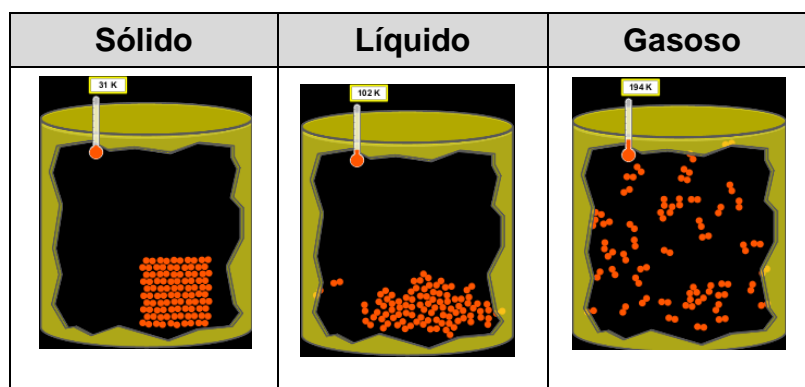
	outra espécie.
Nível macroscópico e submicroscópico juntos	Representaram determinados estados físicos da matéria como sendo o nível macro limitando o nível microscópico.

Os elementos descritos no Quadro 2 foram analisados na etapa 1, quando os estudantes representaram com o auxílio do simulador. Na etapa 2, na qual os alunos não utilizaram simuladores, os resultados obtidos serão apresentados e discutidos em três grandes grupos de acordo com os elementos que compõem os seus modelos, apontados no Quadro 2.

Distância entre as espécies

O simulador permitia aos estudantes o controle de temperatura do sistema, e dessa forma, a transição entre os estados da matéria podia ser observada. Ao solicitar que os estudantes representassem as espécies (átomos ou moléculas) em cada fase, notou-se que a maioria representou a distância entre as espécies como sendo uma “propriedade” de cada estado. O Quadro 3 representa as moléculas do gás oxigênio no simulador que os estudantes visualizavam no momento em que a atividade estava sendo desenvolvida:

Quadro 3: Simulação para a mudança de estado físico do gás oxigênio (O₂)



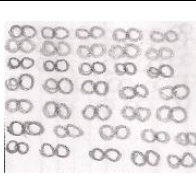
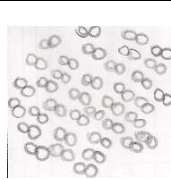
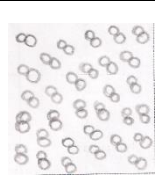
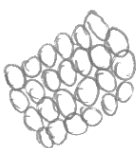


Ao passar pelos estados da matéria, os estudantes observaram que a distância entre as espécies aumentava e inseriram esse elemento em seus modelos, e consideraram uma propriedade da matéria para cada estado físico.

Comparando as etapas 01, na qual os estudantes poderiam utilizar o simulador para ajudar na visualização e compreensão, e 02 sem o simulador, foi observado que houve uma redução em 9% ao representar a relação entre a distância de espécies com o estado físico da matéria.

As figuras do Quadro 4, descritas pelo estudante A, representam a classe dos estudantes que demonstraram essa percepção entre distância de espécie / estado físico da matéria, principalmente na etapa 2:

Quadro 4: Representação do Estudante A para a mudança de estado físico do Oxigênio (O₂)

Etapa	Sólido	Líquido	Gasoso
-------	--------	---------	--------

1			
2			

Ao comparar as representações entre as etapas, verificou-se que os estudantes utilizavam o espaçamento entre as espécies de maneira mais objetiva, ou seja, para eles era claro que a transição de fase implicava na distância das espécies e ficou mais evidente nos modelos apresentados na etapa 02.

A distância entre as espécies também foi associada com a energia que as moléculas adquiriram através da absorção de calor, e na etapa 02, alguns estudantes representaram as espécies do estado gasoso muito dispersas e com “traços” que, ao conversar com os estudantes, indicavam a agitação das partículas como mostra na figura 5:

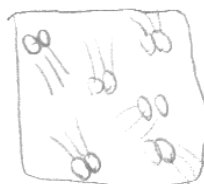






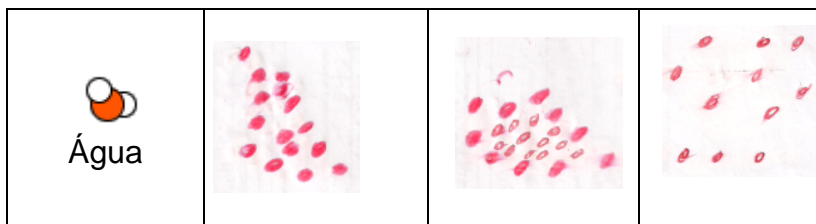
Figura 5: Representação do Estudante B para o movimento das moléculas de $O_{2(g)}$

Diferenciação entre átomos e moléculas

As espécies analisadas eram simples, porém, exigiam conhecimentos prévios dos estudantes sobre certos conceitos, como átomos e moléculas. Notou-se que em suas representações, poucos estudantes compreendiam que átomos e moléculas são diferentes. Tanto o simulador quanto a atividade apresentavam a mesma simbologia para cada espécie, e ainda assim surgiram representações únicas para átomos e moléculas como mostram os modelos criados pelo Estudante C no Quadro 5:

Quadro 5: Representação do Estudante C para átomos e moléculas

Simbologia	Sólido	Líquido	Gasoso
 Neônio			



Ao comparar as representações nas etapas das atividades, cerca de 79% dos estudantes diferenciaram átomos de moléculas sem o auxílio do simulador, notou-se uma queda nos resultados que, ao utilizar o simulador eram 20% maior.

Apesar da atividade apresentar a mesma simbologia que o simulador, os estudantes apresentaram dificuldade para diferenciar as espécies. O conceito de átomos e moléculas é abordado, de acordo com o Caderno do Aluno, no segundo semestre da 1ª série do Ensino Médio. Portanto, os estudantes já haviam estudado as representações das substâncias químicas e o uso de símbolos e fórmulas.

Assim, verificou-se que o uso do simulador contribuiu positivamente na observação das diferentes espécies, mas alguns estudantes tiveram dificuldade para reconstruir seu modelo mental sem o apoio do simulador.

Nível macroscópico e submicroscópico juntos

A representação do mundo no nível submicroscópico é observada por meio da simulação virtual. Porém, as interações com certos elementos na simulação podem contribuir para ideias ambíguas, como a presença do termômetro, gelo/fogo para controlar a temperatura, um recipiente fechado contendo as partículas.

Assim, notou-se uma tendência nas representações dos estudantes que foi definida como nível macroscópico e submicroscópico representadas simultaneamente.

Durante a atividade, enfatizou-se que a representação deveria focar nas partículas, porém, notou-se que na etapa 2, a representação conjunta dos níveis foi cerca de 4% maior do que durante a etapa 1. O quadro 6 apresenta os modelos mentais que refletem esta tendência entre os estudantes para cada etapa.

Quadro 6: Níveis macro e submicroscópico representados pelos Estudantes D e E nas etapas 1 e 2, respectivamente

Etapa	Sólido	Líquido	Gasoso
1			
2			

O uso da simulação estimula a criação e imaginação dos estudantes ao interpretar a teoria, permitindo que cores, formas interações entre as espécies sejam integradas ao seu modelo mental a fim de enriquecê-lo.

Observou-se o uso de átomos e moléculas como limitação do formato da matéria, consequência de conhecimento fragmentado, no qual há dificuldade em observar a continuidade da matéria na composição do material, seja o gelo, água ou vapor, como mostra a Figura 6.

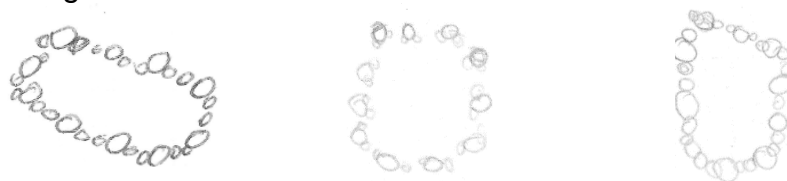


Figura 6: Representação de H₂O_(s) criada pelos estudantes F, G e H, respectivamente.

Nota-se que ao representar a água no estado sólido, os estudantes definiram a forma do sólido por meio de uma corrente de moléculas de água. Nesta etapa, os estudantes tinham acesso ao simulador, e mesmo assim este foi o modelo que melhor representava a matéria neste estado físico.

A construção do conhecimento químico acerca da constituição da matéria requer grandes esforços do professor do aluno, pois um elemento mal compreendido pode induzir a uma ideia distorcida. Assim, acredita-se que os elementos no nível macroscópico presentes no simulador devem ser abordados de maneira clara para deixar evidente que estes não estão na mesma escala de grandeza dos átomos e moléculas que compõem as substâncias.

Vale ressaltar que os modelos mentais são incompletos e instáveis, pois nem sempre todos os detalhes são considerados. O que difere um modelo mental de outro é a riqueza de detalhes que o sustentam, sendo possível através da evolução e aquisição de mais conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de simulações para o ensino de Ciências e de Química mostrou-se uma alternativa interessante frente aos métodos que usualmente temos em sala de aula (vídeos, slides, imagens). O estudante pode acompanhar a evolução do processo, seja um fenômeno físico ou químico por meio da interação com o simulador. Explorar um fenômeno no momento em que ele ocorre pode estimular a vontade em conhecer todo o processo, e a aprender novos conceitos e assim desenvolver seus modelos mentais acerca das teorias em questão.

Acompanhou-se quatro turmas do Ensino Médio na qual os estudantes, em geral apresentavam dificuldades para representar as espécies químicas. Assim, a introdução do uso de simulações gerou entusiasmo entre as turmas e a colaboração dos estudantes frente ao método aplicado.

Resultados preliminares, observados na etapa 01, demonstraram que o uso de simulações como meio facilitador foi um sucesso, visto que os estudantes puderam interagir com o fenômeno físico e químico da matéria, representando em seguida seu modelo mental.

Ao comparar os modelos mentais dos estudantes entre as etapas, notou-se que, sem observar a simulação, os estudantes representaram modelos não tão concisos quanto na etapa 01, onde era possível interagir com todo o processo físico da matéria via simulador. Observou-se que os estudantes apresentavam modelos incoerentes, como utilizar um átomo para representar uma molécula devido à dificuldade em distinguir as espécies.

Ao analisar os modelos mentais dos estudantes nas duas etapas, destaca-se a representação associando os estados físicos da matéria em função da distância das

espécies. Para os estudantes, ficou claro que o processo de transição entre uma fase influencia na distância entre as espécies que compõem a matéria, seja água ou gás oxigênio.

Como suporte para a atividade, a discussão teórica apresentava o ganho e ou perda de energia através do calor que dá início aos fenômenos físicos, assim alguns estudantes representaram a agitação das espécies ao longo da transição de fase.

Considerando que a simulação utilizada não demonstrava qualquer animação que indicasse a cinética das partículas, os estudantes mostraram aqui que houve uma grande contribuição no desenvolvimento de seu modelo mental, a ponto de achar pertinente representar não só as partículas, mas sim o grau de agitação para cada estado físico.

As simulações tornam possíveis o enriquecimento dos modelos mentais através da concretização dos detalhes não visíveis, influenciando diretamente na internalização do processo que ocorre. Ao compreender e conseguir explicar o fenômeno observado o estudante faz uso de seu modelo mental que, constantemente evolui e foram evidenciados durante este estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUENO, R. S. M.; KOVALICZN, R. A. **O ensino de ciências e as dificuldades das atividades experimentais**. Disponível em <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/23-4.pdf>. Acesso em 15 de março de 2016. In: Kovaliczn, R. A. O professor de Ciências e de Biologia frente às parasitoses comuns em escolares. Mestrado em Educação. UEPG, 1999. (Dissertação)

ESTADO DE SÃO PAULO, Coordenadoria de Gestão da Educação Básica – CGEB, **Material de apoio ao Currículo do Estado de São Paulo**, Caderno do Aluno, Química, Ensino Médio 1ª Série, volumes 1 e 2, São Paulo, Nova Edição, 2014-2017.

GIORDAN, M. **A experimentação no Ensino de Ciências**, Química Nova na Escola, n.10, p. 43-49, 1999.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge: Harvard University Press, 1983. 513 p.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here?. **University Chemistry Education**, Cambridge, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

MOREIRA, M. A. **Investigações em Ensino de Ciências**, 1997, Porto Alegre, v. 1, n. 3, pp. 193-232.

ROQUE, N. F., SILVA, J.P.B., **A linguagem Química e o Ensino da Química Orgânica**, Química Nova, Vol. 31, n. 4, p 921-923, 2008

TERUYA, L.C., MARSON, G. A. **Visualização no Ensino de Química: Apontamentos para a Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Educacionais**, Química Nova, Vol. 36, n. 4, p 561-569, 2013

AGRADECIMENTOS

CNPq – processo 449701/2014-0.