

## APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ESTUDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

*Teaching-learning sequence application for intermolecular forces study with usage of computational simulation*

**Claudia Ayres** [claudia\_ayres@yahoo.com.br]

**Agnaldo Arroio** [agnaldoarroio@yahoo.com]

*Universidade de São Paulo – FEUSP*

*Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências*

*Av. da Universidade, 308, Cidade Universitária, São Paulo, SP.*

### Resumo

O estudo de forças intermoleculares, assim como outros temas em Química, pode ser enriquecido com o uso de ferramentas de ensino como a simulação computacional. Este texto relata o uso de um simulador dentro de uma sequência de ensino aplicada a alunos de ensino médio. Os resultados obtidos indicam que a maioria dos alunos apresentou uma melhora na compreensão do universo particulado, reforçando a perspectiva positiva da diversidade de estratégias no ensino de Química.

**Palavras-chave:** sequência didática, forças intermoleculares, ensino de química.

### Abstract

Intermolecular forces study, as well as other topics Chemistry, can be enriched using teaching tools such as computational simulation. This paper reports the use of a simulator within a teaching-learning sequence applied to high school students. The results indicate that most students showed an improvement in the understanding of the particulate world, reinforcing the positive viewpoint of diversity strategies in teaching Chemistry.

**Keywords:** teaching-learning sequence, intermolecular forces, chemistry teaching.

### Introdução

O estudo das propriedades da matéria se baseia, dentre outros conceitos, na compreensão das forças intermoleculares. Compreender e diferenciar estruturas submicroscópicas como os átomos, as moléculas e os íons é importante, mas não é suficiente para entender, por exemplo, como estas partículas interagem para a formação de sólidos e líquidos ou as diferenças na solubilidade de diversos materiais.

Ao entrar em contato com estes conceitos, e dependendo de como esta abordagem é feita, espera-se que o aluno interprete vários fenômenos e situações do cotidiano de acordo com o comportamento das partículas e seja capaz de expressar, tanto por registro textual e/ou pictográfico, o seu entendimento sobre este universo. Desde compreender o que acontece quando o sal “some” em contato com a água, porque a gordura da louça só é removida com o uso de um detergente/sabão ou ainda porque a mancha de graxa da roupa é tão difícil de remover com os materiais de limpeza habitualmente usados para lavar a roupa em casa, mas a empresa de lavagem de roupas consegue através da “lavagem a seco”? Aliás, o que é a “lavagem a seco” mesmo? Por que o gelo flutua no seu próprio líquido? Estas e tantas outras questões são tratadas dentro deste tema.

Podemos usar, como exemplo, a comparação entre as solubilidades dos álcoois primários (compostos orgânicos que apresentam o grupo OH ligado a carbono primário saturado) de acordo com o número de átomos de carbono presentes na molécula.

**Tabela 1:** Solubilidade de alguns álcoois em água<sup>1</sup>.

| Nome       | Fórmula Condensada                                                                 | Solubilidade (g/100g de água) |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Metanol    | CH <sub>3</sub> OH                                                                 | Infinito                      |
| Etanol     | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH                                                 | Infinito                      |
| Propanol   | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH                                 | Infinito                      |
| n-Butanol  | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH                 | 7,9                           |
| n-Pentanol | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH | 2,5                           |

A solubilidade é uma propriedade intrinsecamente ligada às forças intermoleculares. Nos álcoois, suas moléculas se dividem em duas regiões de acordo com a polaridade delas: cadeia carbônica (região praticamente apolar) e o grupo hidroxila (região polar). Nesta tabela, é possível estabelecer a relação entre a diminuição da solubilidade em água com o aumento da cadeia carbônica dos álcoois apresentados. Com isso, pode-se tratar tanto da afinidade do grupo OH com a água por ligações de hidrogênio quanto discutir a interação entre a cadeia carbônica e a água, orientando o olhar do aluno para a análise de cada parte da molécula, destacando seu comportamento e possibilitando a este perceber que as partículas de vários materiais poderão apresentar mais de um tipo de interação.

É relevante ressaltar que a natureza deste tema traz em si alguns obstáculos, já tratados por autores na literatura, no processo de construção do conhecimento: a compreensão dos três modos representacionais – macroscópico, submicroscópico e simbólico (Johnstone, 1991, 2010), a interpretação dos fenômenos nestes três modos representacionais e a respectiva transição entre eles (Wu; Krajcik; Soloway, 2000) e a elaboração de modelos mentais com maior acurácia aos conceitos (Kozma; Russel, 1997) e sua possível exteriorização, seja através de registros textuais e/ou pictográficos (Ardac; Akaygun, 2004). Aliás, estes obstáculos apontados não são exclusivos do tema forças intermoleculares mas, assim como em outros conceitos, se não forem considerados no processo de planejamento e desenvolvimento do conteúdo podem causar um aprendizado ineficaz e inadequado ao aluno.

Neste trabalho, relataremos a aplicação de uma sequência didática desenvolvida com atividades de laboratório, com uso de simulação computacional e com registros das atividades através de textual e, em alguns momentos, também o registro pictográfico sobre o conteúdo de forças intermoleculares. A sequência foi aplicada no segundo ano do ensino médio de uma escola particular localizada na zona sul da Cidade de São Paulo.

As sequências didáticas são capazes de oferecer oportunidades para a construção de relações entre os professores, os alunos e os conteúdos. De acordo com o papel atribuído a cada um dentro deste processo, teremos um efeito, uma consequência para as atividades planejadas e, conseqüentemente, para as sequências didáticas.

### Detalhes da metodologia de ensino

A ideia principal foi agrupar diferentes atividades de ensino numa organização didática que possibilitasse aos alunos uma maior vivência dos conceitos trabalhados, viabilizando modos diferentes de colocá-los em contato com tais conceitos, buscando, através desta diversidade de

<sup>1</sup> Morrison, R.; Boyd, R.; *Química Orgânica*, 13ª ed., Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1996.

instrumentos, atingir o maior número possível de alunos e a qualidade do aprendizado. A sequência aqui apresentada, bem como seus resultados são parte da dissertação de mestrado “O Uso do Recurso Multimídia no Ensino de Química para Alunos de Ensino Médio sobre o Conteúdo de Ligações Intermoleculares” apresentada ao Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

### *Participantes*

O estudo foi realizado com uma sala de 26 alunos do 2º ano do Ensino Médio, período semi-integral, de uma escola particular, situada na zona sul da cidade de São Paulo. A escola tem ampla estrutura, com quatro laboratórios científicos, sendo um deles de química, todos equipados com materiais e equipamentos adequados às atividades desenvolvidas, seis salas de informática com acesso à internet banda larga e equipamentos sempre atualizados e todas as salas de aula equipadas com computadores, telas de projeção retráteis e projetor fixo. Todas as salas de ensino são organizadas para um determinado número de alunos, como no caso do laboratório de química, que foi concebido e estruturado para receber turmas de até 20 alunos, distribuídos em cinco bancadas.

Os alunos do ensino médio desta escola têm quatro aulas teóricas de química e uma de laboratório, por semana, onde a turma é dividida em dois grupos de acordo com os números de chamada.

### *Sequência didática aplicada*

A sequência didática aplicada foi organizada por atividades diversificadas que possibilitassem aos alunos estudarem o conteúdo por caminhos diferentes. Os alunos já haviam vivenciado, no ano anterior, uma prática de laboratório que envolvia as forças intermoleculares com relação à solubilidade. Portanto, já havia uma bagagem deste conteúdo e este se tornou um dos pontos de apoio nas discussões em sala de aula durante a abordagem teórica.

Portanto, a aplicação da sequência iniciou com a abordagem teórica do conteúdo de forças intermoleculares na seguinte organização:

1) Retomada dos conceitos de ligações interatômicas, eletronegatividade, caráter iônico, geometria molecular e polaridade. Estes conceitos já haviam sido trabalhados no ano anterior mas, em razão do intervalo de tempo que os alunos não trabalhavam com estes conceitos, se fez importante uma nova oportunidade de estudo. Esta etapa também favoreceu resgatar a experimentação laboratorial sobre solubilidade, dialogando com os alunos sobre os resultados experimentais e, conseqüentemente, obtendo informações preciosas sobre os conhecimentos prévios acerca do conteúdo vivenciado e trabalhado.

Este momento de diagnóstico é imprescindível na aplicação de uma sequência didática pois permite ao professor reconhecer o que o aluno entende sobre o conteúdo, favorecendo que o professor adeque o desenvolvimento das atividades.

2) Identificação e caracterização dos sólidos iônicos, covalentes e moleculares. Esta etapa foi trabalhada com o uso de imagens desenhadas em lousa e também projetadas para os alunos, com representações de modelos para cada tipo de sólido. Neste momento, foi destacado aos alunos a importância dos modelos nas ciências e, especificamente, neste conteúdo, dando ênfase à comparação entre as representações apresentadas e explicitando as potencialidades e as limitações que cada modelo possui.

3) Identificação e caracterização das ligações intermoleculares (dipolo instantâneo, dipolo permanente e ligações de hidrogênio) e suas consequências nas interações entre substâncias, com relação à solubilidade.

A parte teórica desta sequência didática foi também apresentada na apostila usada pelos alunos. O autor da apostila é o supervisor da disciplina, que também leciona em duas turmas do segundo ano e em todas as turmas do terceiro ano da instituição.

Entre os exemplos abordados nas aulas teóricas comentou-se sobre situações de solubilidade do cotidiano, como mancha de graxa na roupa, derramamento de petróleo no mar, mistura de álcool na gasolina, entre outros. Esta abordagem, partindo de situações próximas do dia-a-dia do aluno, é citada por Gabel (1993), pois os alunos podem não compreender os conceitos abordados, mesmo com instruções em todos os três modos de representação, se os fenômenos considerados não forem relacionados ao dia-a-dia dos estudantes. Durante as aulas, foram usadas representações imagéticas do modo macroscópico (figuras de cristal de sal de cozinha, iceberg, quartzo, etc), submicroscópico (arranjo das partículas de água no estado líquido e no sólido, do grafite, do diamante, etc) e simbólico (fórmulas moleculares de diversas substâncias), tanto no material impresso apostilado como nos slides preparados para as aulas.

A abordagem teórica envolveu, aproximadamente, 10 aulas com duração de 45 minutos. Ao final da última aula teórica, foi aplicado um questionário prévio à atividade com a simulação computacional, a qual seria vivenciada pelos alunos nesta mesma semana. O modelo do mesmo encontra-se em anexo (anexo A).

O questionário, envolvendo questões abertas e de registro pictográfico, levou aproximadamente 15 minutos pra ser respondido pelos alunos. Alguns solicitavam alguma orientação com relação à interpretação das questões mas eram orientados a realizarem suas próprias interpretações. Evitou-se fazer qualquer intervenção que pudesse induzir ou interferir nos registros dos alunos pois, segundo Bogdan e Biklen (1994, apud Pereira; Pires, 2012)

A abordagem da investigação qualitativa exige que o mundo seja examinado com a ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para construir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora do nosso objeto de estudo (Bogdan & Biklen, 1994, p. 49).

As questões do questionário envolviam substâncias comuns ao cotidiano dos alunos e que já haviam sido usadas por eles na aula de laboratório. Estas mesmas substâncias também estavam presentes na simulação que iria ser aplicada. As questões foram elaboradas pela professora-pesquisadora em conjunto com seu orientador com a intenção de obter os registros das ideias prévias dos alunos sobre conceitos como modelo, realidade, representação e os registros pictográficos dos modelos que os alunos usariam para explicar as misturas sugeridas. Estes registros foram comparados com outros que os alunos fizeram ao final da aplicação da sequência para podermos investigar se houve alguma mudança no registro dos modelos, das explicações e, conseqüentemente, dos conceitos aprendidos.

Na mesma semana, no horário das aulas de laboratório, os alunos foram para a sala de informática, a fim de usarem o recurso multimídia juntamente com um roteiro estruturado com questões abertas sobre as situações simuladas pelo recurso. Foi solicitada à instituição de ensino a autorização para gravação em áudio e vídeo desta aula, mas não se obteve a mesma. Neste momento também se teve o cuidado de não interferir na leitura de imagens no simulador, tampouco de interferir na elaboração textual que os mesmos faziam sobre a atividade. Os alunos foram dispostos um em cada equipamento, buscando diminuir as possibilidades de intercâmbio de informações entre eles pois nosso intuito era obter dados que refletissem a compreensão que cada indivíduo possuía sobre os assuntos trabalhados.

O recurso selecionado é chamado “Ligações Intermoleculares”, software de acesso gratuito encontrado no endereço <http://nautilus.fis.uc.pt/molecuarium/pt/ligintermol/index.html>. Este software foi produzido e aplicado por Ms. Manuel Eduardo Fernandes Salgueiro, no decorrer de seu trabalho para a elaboração de sua dissertação de mestrado intitulada “Simulações *on-line* para o ensino e aprendizagem da Química”, a qual foi defendida na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em Janeiro de 2003. A escolha do recurso se deu em função do acesso ao mesmo ser gratuito e livre, ou seja, o mesmo não exige nenhum tipo de registro para ser usado, da simplicidade de acesso aos recursos do mesmo, tanto pelos comandos como pelo idioma, pelo uso de imagens com modelos adequados ao nível e objetivo de ensino e, finalmente, por envolver situações simuladas comuns ao cotidiano dos alunos e as quais foram tratadas tanto nas aulas teóricas como também na atividade experimental anterior.

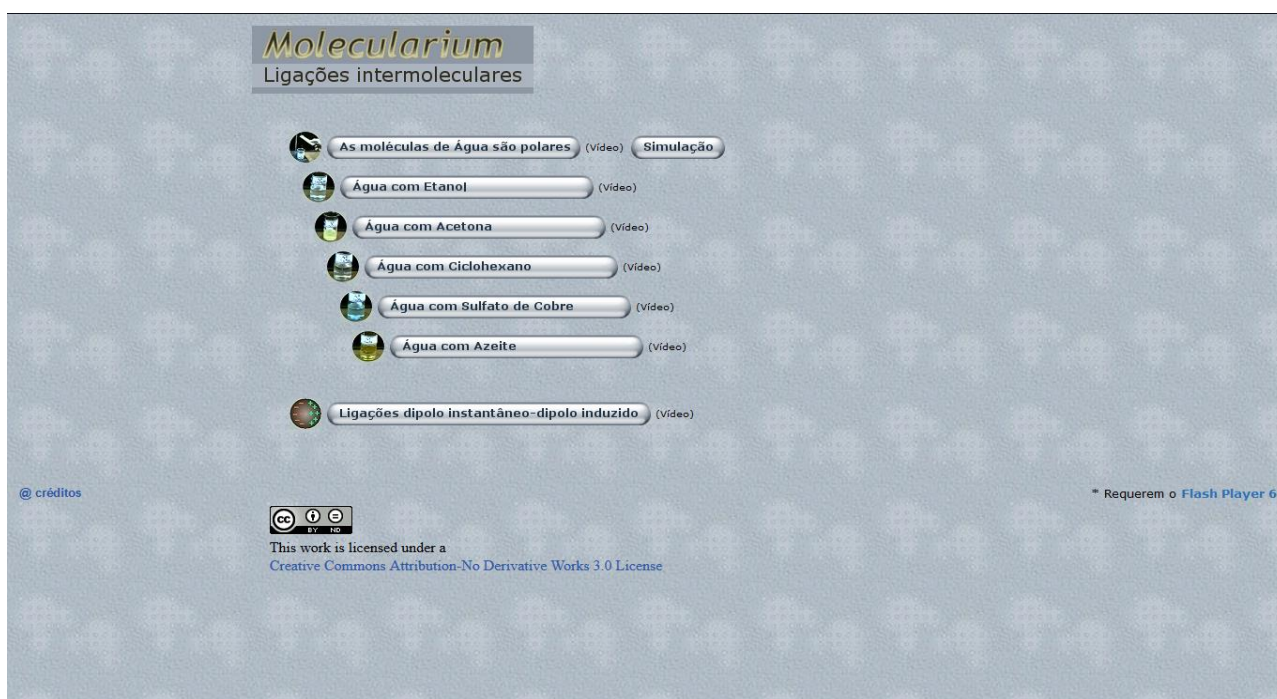


Figura 1: tela de abertura da simulação computacional.

Durante esta atividade, os alunos também preencheram um roteiro, com questões sobre cada experimento a ser usado no simulador. Havia também alguns comandos de orientação para ajudar os alunos na interação com o instrumento e na observação das imagens para que o olhar do aluno fosse dirigido para partes da imagem que poderiam interferir positivamente na compreensão do fenômeno e não ficasse somente na visualização da tela por si só. O modelo deste roteiro está em anexo (anexo B).

Posterior a esta aula, estava programada a aplicação de outro questionário onde, além de duas questões abertas, a questão do questionário prévio, envolvendo a visualização macroscópica e submicroscópica, foi repetida a fim de criar a oportunidade dos alunos modificarem ou complementarem suas representações, caso quisessem. No entanto, este questionário só foi aplicado depois de, aproximadamente, 45 dias da realização da atividade. Este intervalo de tempo ocorreu devido ao calendário escolar, pois tanto o questionário prévio como a atividade com o recurso só puderam ser desenvolvidas no final do segundo bimestre, tendo ocorrido, em seguida, as provas unificadas (bimestrais) e as férias escolares. Portanto, o questionário após atividade só foi respondido pelos alunos em meados de agosto, com o retorno das férias. Este intervalo de tempo entre a atividade realizada e o questionário posterior a mesma é um fator a ser levado em consideração já que o referencial de imagens dos alunos não está tão vivo em sua memória quanto

se tivesse acabado de utilizar o recurso. No entanto, esta coleta feita mais tardiamente nos deu a oportunidade de analisar registros com informações que já fazem parte das estruturas cognitivas do aluno, em específico de sua memória de longo prazo, possibilitando a identificação do que efetivamente foi apreendido sobre os conceitos estudados.

No entanto, para que assegurássemos que os alunos lembrassem os registros realizados antes do uso do recurso e tivessem a possibilidade de, efetivamente, poderem reelaborar os registros, foi permitido que os alunos consultassem o questionário prévio individual. Evidentemente, esta situação facilitaria uma possível cópia dos registros anteriores mas era fundamental garantir que os mesmos não tentassem “adivinhar” o que haviam feito pois, neste caso, não teríamos qualquer subsídio para análise. O modelo deste questionário também está disponível no anexo (anexo C).

## Alguns resultados obtidos

### *Questionário Prévio*

As respostas obtidas com as seis questões expositivas nos deram o panorama conceitual dos alunos sobre a ideia de modelo, a relação do modelo com a realidade, o entendimento sobre representação, animação e simulação computacional, o que entendem por interação entre moléculas e qual seu grau de importância, além de uma questão sobre o comportamento dinâmico das moléculas de água em um copo.

Com relação ao entendimento sobre modelo na área de ciências, houve respostas que indicaram a identificação do modelo como representação da realidade “*uma amostra geral de alguma substância.*”, “*é a representação das características de uma substância pela forma que ela é.*” ou “*criado para facilitar o entendimento do estudo.*”. Outros 2 alunos afirmaram que é um “*exemplo de como as coisas acontecem de verdade na natureza, é um modo de mostrar, explicar como os átomos e moléculas são e atuação (sic) na realidade*”, tratando o modelo como verossímil, sendo a realidade por si e não uma representação da mesma.

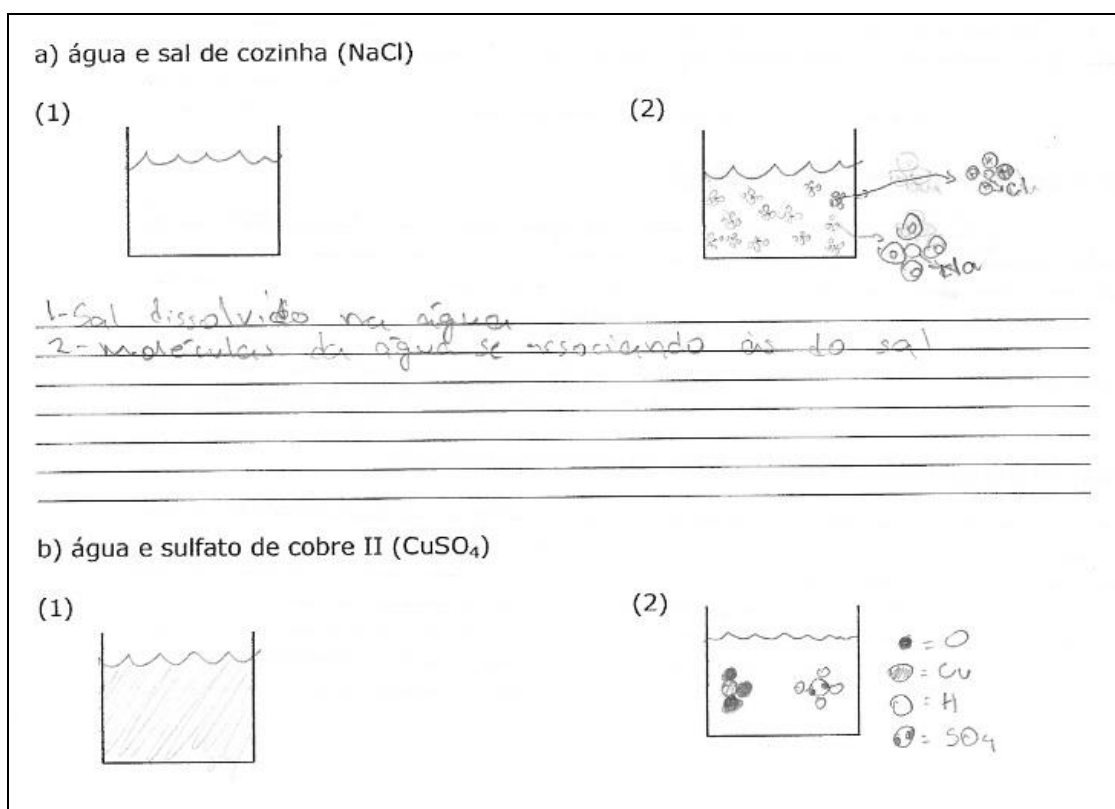
Nas respostas sobre a relação entre modelo e realidade, 12 alunos responderam que o “*modelo é a representação da realidade.*”, que “*explica a realidade de maneira mais compreensível.*”, sem explicarem o que significa esta afirmação. Um destes alunos complementou que “*nem sempre este modelo fica igual a esta realidade pois seria impossível representar perfeitamente, uma vez que a ciência não é perfeita.*”. Por este registro o aluno indica a sua percepção da limitação da ciência para explicar a realidade, uma provável influência da concepção de que a ciência é falível e inacabada. Outros 2 alunos afirmaram que “*é uma representação mais genérica e exemplificada da realidade*”, sendo que outro aluno afirma que o modelo serve apenas para exemplificar, não sendo necessariamente igual ao real. Houve ainda um questionário onde o aluno afirmou que “*a teoria (modelo) não coincide com a realidade*”. Este registro transparece a ideia de que o aluno não aceita o modelo como uma ferramenta para se compreender o real, não tem a percepção de que o modelo media o conhecimento, sendo um dos pilares de sustentação da aprendizagem, já que não percebemos a realidade de forma direta; esta sempre é compreendida através de modelos (Ferreira, Justi; 2008).

As respostas foram bastante diversificadas na terceira questão. Houve quem afirmasse ser “*uma esquematização de um processo da realidade.*”, “*Adoção de informações teóricas para “representar” o real ou modelo.*”, “*...uma forma de tentar reproduzir a realidade.*”, “*...a simulação de um modelo real.*”, “*Entendo por jeito de demonstrar algo.*”, “*O mesmo que modelo.*”. “*É quando se mostra as características daquilo (objeto, substância) por produtos não reais e sim*

representativos.”, entre outras. As respostas obtidas dos alunos são carregadas de incertezas sobre o significado da representação e de seu papel de comunicação dentro da linguagem química (Wu, Krajcik, Soloway; 2000).

Na quarta questão, algumas respostas abordam a animação e a simulação como tentativas de representar a realidade, “*simulam o que aparentemente acontece mas que não pode ser visto, ou seja representam o que acontece.*” sendo “*uma maneira de visualizar algo que para nós parece abstrato, ajudando a entender a teoria.*”, indicando a abstração do conhecimento químico e a dificuldade que a maioria dos alunos sente em compreender conceitos que, muitas vezes, não são tangíveis pelos sentidos e as representações visuais, como a animação e a simulação, são capazes de ilustrá-los (Cook, 2006). Esta ideia sobre a animação e a simulação também se faz presente em outras respostas como quando afirmam que, estas ferramentas “*são instrumentos que fazem situações complexas de se explicar, visíveis.*”, “*Simulam o que aparentemente acontece mas que não pode ser visto, ou seja representam o que acontece.*”.

Na quinta questão, algumas respostas dadas comentam que “*é a aproximação e a interferência que uma molécula faz em outra. Apesar de não vermos as interações, elas interferem diretamente em situações rotineiras.*” ou que “*A interação entre as moléculas são forças que as mantém unidas, algumas fáceis de separar outras não.*” Este tópico é relativamente importante para entender as propriedades de cada material como o diamante.”, indicando a percepção da relação existente entre a natureza particulada da matéria e o comportamento dos materiais no observável, tangível pelos sentidos.

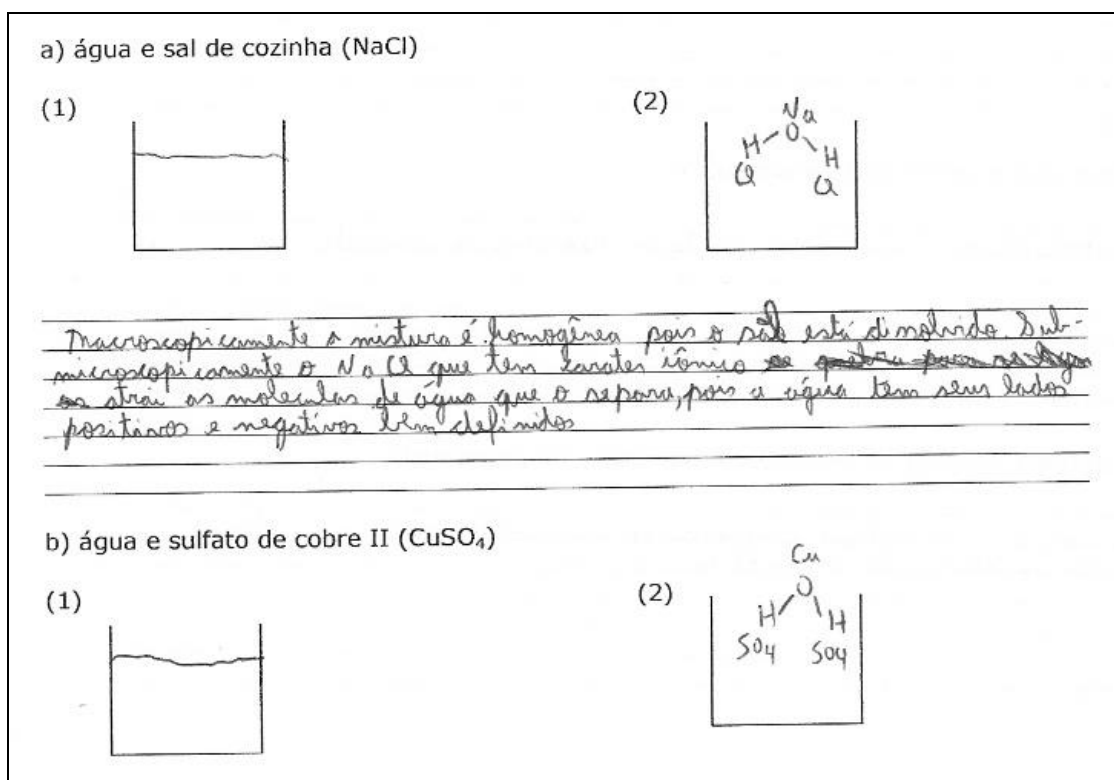


**Figura 2:** Representações submicroscópicas e com a referência a cada átomo com seu símbolo químico.

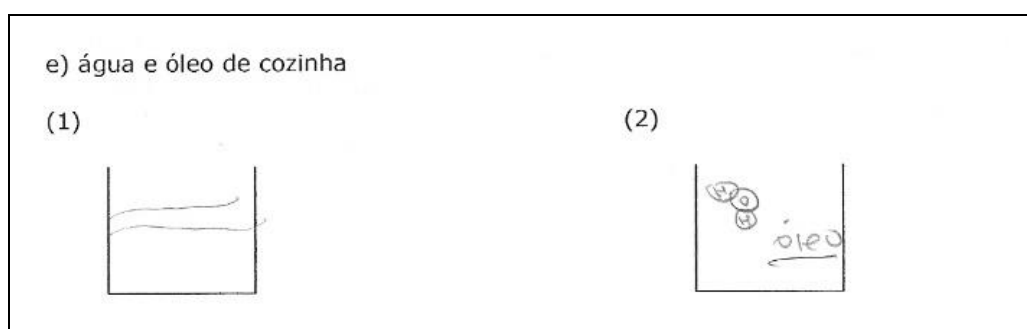
Na sexta questão, 9 alunos responderam positivamente com relação ao movimento das moléculas de água em um copo, mas não explicaram o porque ou afirmaram não saber explicar, o que pode ser interpretado como uma dificuldade de trabalhar, pensar sobre o dinamismo do modo particulado, embora tenham a informação da ocorrência deste. Outros 4 alunos afirmaram que as

moléculas estão em movimento e citaram que no estado líquido, o movimento das moléculas é favorecido, sendo que um deles comenta sobre a polaridade das moléculas.

Na sétima questão, 12 alunos apresentaram representações macroscópicas e submicroscópicas para todos os sistemas ou para, pelo menos 2 dos sistemas em estudo. Houveram alguns com representações submicroscópicas e com a referência a cada átomo com seu símbolo químico (Figura 2), outros fizeram uso do símbolo químico para compor a representação submicroscópica (Figura 3) e alguns usaram o nome da substância para representá-la (Figura 4).



**Figura 3:** Uso do símbolo químico para compor a representação submicroscópica.



**Figura 4:** Representação submicroscópica com o nome da substância para representá-la.

Nestes registros identificamos que os alunos diferenciam as misturas homogêneas das heterogêneas nas representações macroscópicas, porém o mesmo não acontece na representação submicroscópica, como na figura 4. Não obstante a dificuldade sentida em representar as partículas da substância óleo, não há evidências de preocupação em se fazer a imagem deste sistema de forma a externar a posição relativa das substâncias envolvidas. A dificuldade em distinguir as representações submicroscópicas e simbólicas está identificada na figura 3, onde o registro dos símbolos químicos é usado na representação particulada, com distinção inclusive da posição relativa dos átomos e do ângulo existente entre os mesmos. Além destas situações, também identificamos,



tanto no registro escrito quanto no pictográfico, a preocupação em mostrar a orientação das moléculas de água na dissolução das moléculas do sal de cozinha, mostrando a aproximação de cargas opostas entre as partículas de ambas (Figuras 2 e 3).

Outros 8 alunos só apresentaram representações macroscópicas e 3 alunos apresentaram representações parciais ou somente algumas macroscópicas ou nenhuma das solicitadas.

### Questionário Pós

Neste questionário haviam 2 questões abertas onde a primeira solicitava ao aluno expressar a sua ideia sobre o dinamismo das interações intermoleculares, a segunda questionava se o uso das simulações/animações fizeram alguma diferença no aprendizado sobre interações intermoleculares e, em caso afirmativo, que o aluno indicasse qual(is) havia(m) sido esta(s) diferença(s) e uma terceira questão que era idêntica à sétima questão do questionário prévio e cujo objetivo era possibilitar ao aluno a reelaboração das suas representações pictográficas e de seus registros escritos, viabilizando a análise de uma possível mudança conceitual retratada na imagem e/ou no texto que a acompanha, nos dando indícios de uma melhora (ou não) do modelo mental sobre o sistema e, conseqüentemente, na compreensão sobre o conteúdo de forças intermoleculares.

Na primeira questão, dos 22 questionários respondidos, houveram 2 alunos que não responderam e outros 2 registraram que não entenderam. No restante, todos afirmaram que são dinâmicas, sendo que 2 alunos não explicaram o porque e outros 2 registraram que não sabiam explicar. Dentre os outros 14 alunos, houveram explicações como “...porque variam em função da atração de cargas opostas.”, “...devido a diferentes polaridades estão sempre mudando.” e “...pois os esquemas fixos são apenas representações didáticas que facilitam o estudo.”, dentre outras. Apesar de submetidos ao uso de uma simulação, onde os objetos e eventos representados apresentavam-se em movimento, esta vivência não foi suficiente para todos os alunos, já que alguns não responderam a esta questão. Não podemos afirmar que não houve, por parte destes alunos, nenhuma elaboração conceitual sobre o dinamismo das partículas mas a ausência de resposta ou de explicação para o evento, nos indica uma dificuldade em atribuir significados às imagens as quais foram expostos ou de expressar-se sobre o conceito, não tendo segurança para responder quando questionados. Com relação às respostas obtidas dos outros alunos, a percepção do movimento das partículas em função da polaridade de cada molécula foi registrada, tendo a indicação da representação estática como um facilitador do ensino, indicando a percepção das limitações deste tipo de representação.

Na segunda questão, somente um dos alunos afirmou que o uso da animação/simulação não havia feito qualquer diferença no aprendizado de interações intermoleculares. Este aluno ainda afirmou que “...a noção que tinha sobre ligações intermoleculares permaneceu a mesma.”. Esta afirmação nos remete a situação de que não há um recurso de ensino que seja válido e suficiente para todos os alunos, pois os alunos são diferentes uns dos outros e aprendem por caminhos e ferramentas de ensino distintas, sendo, por conta disso, importante se diversificar os recursos no ensino. Os outros alunos responderam de forma positiva sobre a inserção da simulação/animação no aprendizado sobre interações. Algumas das explicações foram “...pois uma coisa que não se vê é sempre mais difícil de entender então quando se vê uma representação da realidade ajuda a entender.”, “...pois com as animações consegui ter uma idéia de como acontece as coisas na verdade.”, indicando a percepção de que o recurso é um conjunto de representações da dimensão submicroscópica, inacessível diretamente pelos sentidos, desenvolvidas com o intuito de tornar esta dimensão tangível à compreensão do fenômeno na dimensão observável, “...Porque a simulação se diferencia do teórico, exemplificando o que acontece e ligando com o que podem acontecer no cotidiano.”, “Sim, pois com apenas o uso da losa(sic) e da apostila, nós não conseguimos ter uma

*visualização eficaz e nós conseguimos ter um maior entendimento sobre o assunto.”, “...pois somente com a teoria explicada em sala de aula é difícil imaginar o movimento das partículas em situação normal.”*, denotando que a linguagem oral, gestual e escrita da sala de aula não lhe são suficientes para uma melhor compreensão de conceitos dinâmicos e “...ajudaram na construção da minha imagem, modelo, mental.”, dentre outras. Neste último registro escrito, o aluno explicita a relevância da ferramenta visual na construção da sua imagem, modelo, mental, o que nos remete a definição de modelo mental feita por Gilbert (2005) onde “os modelos mentais são representações que confiam na compreensão individual...” que se torna possível a partir de esquemas já estabelecidos em sua memória de longo prazo, onde o aluno pode já ter armazenado um modelo mental inadequado para dado conceito. Com o uso do recurso, a visualização de outras representações pode causar ao aluno uma reorganização de sua imagem mental, transformando-a em uma ferramenta interna mais completa, que contempla algumas características e, conseqüentemente, alguns conceitos, que até então não conseguia representar.

Na terceira questão, uma aluna representou somente o macroscópico em 4 dos 5 sistemas, sendo que o único sistema com representação particulada é a mistura água com sal de cozinha, onde a aluna representou as partículas de NaCl como pontos e a substância água como matéria contínua. Estes resultados configuram como um indício da sua dificuldade em aceitar a dimensão particulada da matéria, tendo somente uma tentativa de esboçar algo referente a esta dimensão, talvez por insegurança sobre a sua apropriação do conceito estar correta ou por não ter um modelo mental que julgue adequado para estes sistemas. A sua tentativa de representar o NaCl como partículas puntiformes pode decorrer em função de sua exposição, durante toda a vida escolar, a exemplos envolvendo esta substância, já que esta é muito comum em nosso dia-a-dia.


Houveram 6 alunos que representaram as duas dimensões, sendo que no modo submicroscópico fizeram uso de representações da natureza particulada e de símbolos químicos, numa evidente confusão entre os tipos de representações, além da indicação da representação submicroscópica híbrida de particulado e de matéria contínua, para a substância água. Outros 6 alunos também representaram as duas dimensões, sendo que na submicroscópica, estes fizeram uso de representações com símbolos químicos, da natureza particulada da matéria e/ou com o nome das substâncias para representá-la (Figura 5)

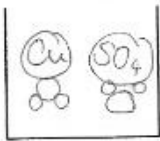
Em outros 4 questionários, mais uma vez as duas dimensões foram representadas, sendo que no modo submicroscópico, os alunos fizeram uso de representações envolvendo símbolos diversos, a natureza particulada da matéria e/ou o nome das substâncias envolvidas.

Estas imagens, e suas respectivas legendas, nos trazem algumas indicações que merecem serem detalhadas. Na figura 5, a representação submicroscópica do sistema 2, água e sulfato de cobre II, mostra os átomos dos elementos constituintes da água em tamanhos distintos, mas a mesma distinção não aparece na representação do sulfato de cobre II, o qual é indicado por símbolos químicos escritos sobre um único objeto representativo. A orientação espacial das partículas também é expressa, indicando a aproximação por cargas opostas. Além disto, o texto escrito pelo aluno indica a existência da interação íon-dípolo, sem caracterizar, na imagem, as cargas de cada partícula. Nesta situação, percebemos que há uma tentativa de explicar a imagem, fundamentando o registro escrito com conceitos trabalhados nas aulas conceituais mas o registro pictográfico não traz, de forma clara, a integridade dos conceitos registrados no texto. Uma possível explicação é que a dificuldade que o aluno encontrou em suportar a sua elaboração conceitual com um modelo expresso coerente, se deu em razão de seu modelo mental ser incompleto, não contemplando as propriedades do sistema necessárias para subsidiar o conceito. A orientação espacial das partículas nos indica a manipulação mental de representações espaciais, o que acreditamos ter sido estimulado pelo uso do recurso, que possibilitava a visualização de objetos dinâmicos como representações destas partículas. O sistema c desta figura, tem suas representações

macroscópicas e submicroscópicas idênticas, com a distinção entre as fases da mistura e com as substâncias sendo representadas pela grafia dos seus nomes, sem qualquer menção ao modo particulado. Já no registro escrito, há a clara menção ao modo particulado e ao dinamismo das partículas, identificado em “As moléculas *“se chocam” sem se misturar.*”. São mais indícios sobre a precariedade do modelo mental deste aluno em detrimento da sua elaboração conceitual.

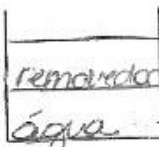
b) água e sulfato de cobre II ( $\text{CuSO}_4$ )

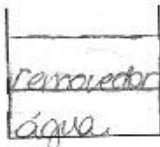
(1) 

(2) 

Amboas se misturam. O Cobre se aproxima do oxigênio da água, e o hidrogênio se aproxima do  $\text{SO}_4$ . Ocorrem atrações íon-dipolo.

c) água e removedor

(1) 

(2) 

Água e removedor não se misturam pois um é polar e o outro apolar. As moléculas *“se chocam” sem se misturar.*

**Figura 5:** Uso do símbolo químico, de representações da natureza particulada e/ou o nome das substâncias para compor a representação submicroscópica.

Algumas das informações obtidas pelos questionários foram tratadas em conjunto com algumas entrevistas realizadas com alguns alunos, de maneira a certificar a interpretação dos registros. No entanto, esta etapa de análise não se enquadra na proposta do presente artigo e, por isso, não será tratada.

### Considerações sobre este relato

A análise dos registros escritos de todos os alunos e das entrevistas de alguns destes nos indicou que a inserção do recurso multimídia criou novas situações para que os alunos interagissem e não só visualizassem as representações, tanto da dimensão macroscópica quanto da dimensão particulada, possibilitando aos alunos uma outra dinâmica, distinta da sala de aula, onde também tiveram a chance de expor, em momentos distintos, seus registros textuais e suas representações, seus modelos expressos a partir de seus modelos mentais. Com esta dinâmica, envolvendo o registro em momentos diferentes e com intervalo de tempo, foi possível obter informações que o aluno já

tinha estabelecido como conhecimento prévio, organizado e armazenado em seu sistema cognitivo, possibilitando que a nossa análise se respaldasse sobre conhecimentos já apreendidos.

Também podemos afirmar que com o uso do recurso multimídia, alunos que não indicavam as representações submicroscópicas dos sistemas estudados, passaram a fazê-lo. Se ocorreu uma melhora na representação do modo particulado ou até mesmo, em vários casos, este modo passa a existir nos registros dos alunos, é um indício de que estes alunos aprimoraram seus modelos mentais de forma a conseguir usá-los para responder a um questionamento. A partir desta apropriação, estes alunos passaram a perceber que os fenômenos que observavam, eram explicados por transformações e interações advindas da dimensão particulada, e esta percepção está indicada também em vários registros realizados pelos alunos.

Consideramos que a inserção do recurso multimídia favoreceu a elaboração de conceitos sobre ligações intermoleculares para a maioria dos alunos, pois os resultados ao dialogarem com os referenciais teóricos, mostram que houve melhora na elaboração conceitual, pois quando há mudança no registro pictográfico, possivelmente o aluno reorganizou seu modelo mental, aprimorando o mesmo e isto foi externalizado na sua representação.

No entanto, o recurso não se mostrou eficaz para todos os alunos pois alguns afirmaram que o recurso não alterou a percepção ou compreensão sobre os conceitos. Por isso, a diversidade de instrumentos de ensino e de abordagens de um mesmo conceito é fundamental para se buscar atingir o maior número de indivíduos possível.

### Referências Bibliográficas

- Ardac, D.; Akaygun, S. (2004). Effectiveness of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations on Student's Understanding of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 41, n. 4, p. 317-337.
- Cook, M. P. (2006). Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles. *Science Education*, v. 90, n. 6, p.1073 – 1091.
- Ferreira, P. F. M.; Justi, R. S. (2008). Modelagem e o Fazer Ciência. *Química Nova na Escola*, v. 28, p. 32 – 36.
- Gabel, D. L. (1993). Use of particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 173-201.
- Gilbert, J. K. (2005). *Visualization in Science Education*, 1a ed., Netherlands, Springer.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computerized Assisted Learning*, v. 7, p. 75-83.
- Johnstone, A.H. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 22-29.
- Kozma, R.B.; Russel, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p. 949-968.

Pereira, A.S.; Pires, D.X. (2012). Uma proposta teórica-experimental de sequência didática sobre interações intermoleculares no ensino de química, utilizando variações do teste da adulteração da gasolina e corantes de urucum. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 17, n. 2, p. 385-413.

Wu, H.; Krajcik, J. S.; Soloway, E. (2000). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 38, n. 7, p. 821-842.

## Anexos

### A – Modelo do questionário prévio

| <b>Questionário prévio sobre interações e solubilidade</b>                                    |  | ___/___/2010 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------|
| Nome: _____                                                                                   |  | 2° EM _____  |
| 1) O que você entende por modelo na área de ciências? Tente exemplificar.                     |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| 2) Qual a relação entre modelo e realidade?                                                   |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| 3) O que você entende por representação?                                                      |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| 4) O que você entende por animação e simulação computacional?                                 |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| 5) Como você explicaria a interação entre moléculas? Qual o grau de importância deste tópico? |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| _____                                                                                         |  |              |
| 6) Em um copo com água, as moléculas estão em movimento? Explique.                            |  |              |

7) Identifique macroscopicamente (1) e submicroscopicamente (2) as substâncias participantes das seguintes misturas e faça uma descrição do que desenhou para cada mistura:

a) água e sal de cozinha (NaCl)

(1)



(2)



b) água e sulfato de cobre II (CuSO<sub>4</sub>)

(1)



(2)



c) água e removedor

(1)



(2)



d) água e álcool

(1)



(2)

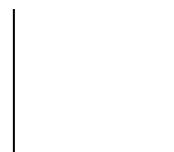


e) água e óleo de cozinha

(1)



(2)



B – Modelo do roteiro aplicado durante o uso do simulador

ROTEIRO SOBRE INTERAÇÕES E SOLUBILIDADE

**I - Interações**

Acesse o link <http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/ligintermol/interaccoes/index.html> e aguarde carregar a página.

I.1. - Escolha a substância “**água**” e o material “**barra de plástico**”.

- Clique em “VIDEO”, aguarde a imagem ser carregada e clique sobre a seta rosa para assistir.
- Observe com atenção. Ao terminar, feche a janela do vídeo.
- Em seguida, observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---

- Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- a) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.
- b) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

---

I.2. - Ao terminar, escolha a substância “**água**” e o material “**vara de vidro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na vara antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---

- Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- c) As cargas elétricas do pano ao friccionar a vara.
- d) As cargas elétricas da vara ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água com a aproximação da vara. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água conforme se afasta a vara. Anote suas observações.

---

---

---

I.3. - Ao terminar, escolha a substância “**água**” e o material “**barra de ferro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---

- Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

e) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.

f) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

---

- Observe com atenção o que ocorre com o fio de água e com a orientação das moléculas de água conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

---

I.4. – Ao terminar, escolha a substância “**acetona**” e o material “**barra de plástico**”.

- Clique em “VIDEO”, aguarde a imagem ser carregada e clique sobre a seta rosa para assistir.

- Observe com atenção. Ao terminar, feche a janela do vídeo.

- Em seguida, observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---



---

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- g) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.
- h) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

I.5. – Ao terminar, escolha a substância “**acetona**” e o material “**vara de vidro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na vara antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- i) As cargas elétricas do pano ao friccionar a vara.
- j) As cargas elétricas da vara ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona com a aproximação da vara. Anote suas observações.

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona conforme se afasta a vara. Anote suas observações.

---

---

I.6. – Ao terminar, escolha a substância “**acetona**” e o material “**barra de ferro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- k) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.  
l) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de acetona e com a orientação das moléculas de acetona conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

---

I.7. – Ao terminar, escolha a substância “**ciclohexano**” e o material “**barra de plástico**”.

- Clique em “VIDEO”, aguarde a imagem ser carregada e clique sobre a seta rosa para assistir.
- Observe com atenção. Ao terminar, feche a janela do vídeo.
- Em seguida, observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- m) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.  
n) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

---

I.8. – Ao terminar, escolha a substância “**ciclo-hexano**” e o material “**vara de vidro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na vara antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.

---

---

---

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- o) As cargas elétricas do pano ao friccionar a vara.
  - p) As cargas elétricas da vara ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.
- 
- 
- 

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano com a aproximação da vara. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano conforme se afasta a vara. Anote suas observações.

---

---

---

I.9. – Ao terminar, escolha a substância “**ciclohexano**” e o material “**barra de ferro**”.

- Observe a distribuição de cargas no pano e na barra antes de ver a simulação. Há alguma diferença entre eles? Se sim, indique.
- 
- 
- 

Clique em “PLAY” para iniciar a simulação e observe com atenção:

- q) As cargas elétricas do pano ao friccionar a barra.
  - r) As cargas elétricas da barra ao ser friccionada pelo pano. Anote suas observações.
- 
- 
- 

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano com a aproximação da barra. Anote suas observações.

---

---

---

Observe com atenção o que ocorre com o fio de ciclo-hexano e com a orientação das moléculas de ciclo-hexano conforme se afasta a barra. Anote suas observações.

---

---

---

## **II - Solubilidade**

Acesse o link <http://nautilus.fis.uc.pt/molecularium/pt/ligintermol/index.html> e aguarde carregar a página.

- Relate o que você observou no video de cada sistema abaixo.

I) Água com etanol

---

---

---

II) Água com acetona

---

---

---

III) Água com ciclo-hexano

---

---

---

IV) Água com Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ )

---

---

---

V) Água com azeite

---

---

---

C – Modelo do questionário pós

**Questionário pós sobre interações e solubilidade - \_\_/\_\_/2010**

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_ 2º EM \_\_

**Questionário pós atividade sobre interações e solubilidade**

1) Para você, as interações intermoleculares são estáticas ou dinâmicas? Por quê?

---

---

---

---

2) O uso da simulação/animação fez alguma diferença no seu aprendizado sobre interações intermoleculares? Qual(is) foi(ram) esta(s) diferença(s)?

---

---

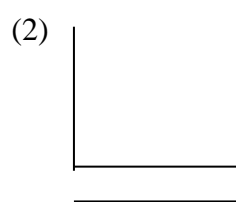
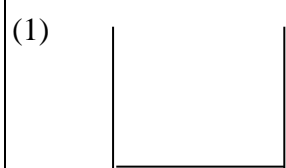
---

---

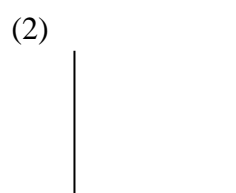
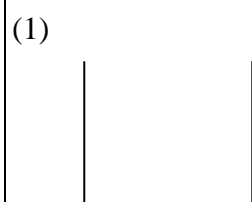
---

3) Identifique macroscopicamente (1) e sub-microscopicamente (2) as substâncias participantes das seguintes misturas e faça uma descrição do que desenhou para cada mistura:

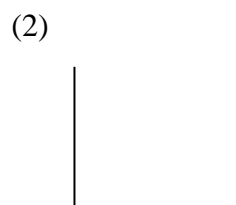
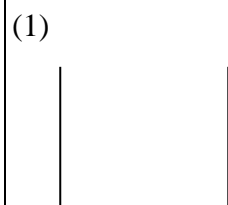
a) água e sal de cozinha (NaCl)



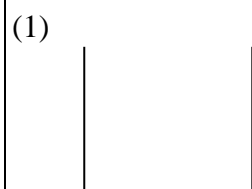
b) água e sulfato de cobre II (CuSO<sub>4</sub>)



c) água e removedor



d) água e álcool



e) água e óleo de cozinha

(1)



(2)



---

---

---

---