

## **Um olhar crítico sobre o uso de algoritmos no Ensino de Química no Ensino Médio: a compreensão das transformações e representações das equações químicas**

**Ana Luiza P. Nery<sup>1</sup>, Rodrigo M. Liegel<sup>2</sup> e Carmen Fernandez<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Escola Vera Cruz, São Paulo, Brasil. Email: [ananery@estadao.com.br](mailto:ananery@estadao.com.br)

<sup>2</sup>Colégio Santa Cruz, São Paulo, Brasil. Email: [rmliegel@uol.com.br](mailto:rmliegel@uol.com.br)

<sup>3</sup>Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. Email: [carmen@iq.usp.br](mailto:carmen@iq.usp.br)

**Resumo:** Neste artigo são analisadas as respostas de 525 alunos de Ensino Médio a uma questão de exame de ingresso de uma universidade brasileira que abordou o tópico de dissolução de um composto iônico. Nesta análise, examina-se a compreensão dos fatores envolvidos no processo de dissolução de um composto iônico, tais como solvatação, forças intermoleculares, equilíbrio químico, solubilidade e a representação da transformação química por meio de equação. Também são analisados os desenhos dos mesmos estudantes ao representarem o processo de dissolução e confrontam-se seus modelos expressos com as respectivas representações químicas. Dos alunos que correlacionaram corretamente o processo de dissolução à formação de íons (78%), uma porcentagem significativa (44%) consegue representar a equação do processo corretamente. Entretanto, destes, somente 19% apresentam um modelo de dissolução correto, como pôde ser observado pelos desenhos realizados. Além disso, 17% dos alunos dão ao processo de dissolução a classificação de reação de dupla troca, em que a água seria um dos reagentes da reação. Esses resultados mostram que, para estes alunos, o ensino-aprendizagem do tópico dissolução tem tido um enfoque na memorização e de pouco significado para o entendimento químico do fenômeno.

**Palavras chave:** processo de dissolução iônica; modelos; reação de dupla troca.

**Title:** A critical look at the use of algorithms in High School Chemistry teaching: the comprehension of chemical transformation and representation of chemical equations.

**Abstract:** In this paper we present and analyze the results from 525 high school students' answers to a question of a Brazilian university entrance exam, where the topic dissolution of an ionic compound was focused. During this analysis we look to some factors involved in this process such as solvation, intermolecular forces, chemical equilibrium, solubility and the representation of the chemical reaction by an equation. We also analyze the same students' drawings when representing the dissolution process and confronted them with the chemical equations for them proposed. Of a total of 78% of students that correctly correlated the dissolution process to ions formation, 44% could represent the

corresponding chemical equation. However, only 19% of these students presented a correct dissolution model, fact that could be observed from their drawings. Besides, 17% of these students classified the dissolution process as a displacement reaction (a reaction that involves the exchange of ion pairs), where water is assumed as one of the reagents of reaction. These results show that teaching-learning process of dissolution topic had a memoristic focus without significance for the chemical understanding from the phenomena.

**Keywords:** Ionic dissolution process; models; displacement reaction.

### **Introdução**

Segundo a legislação educacional brasileira, o aprendizado da Química pelos alunos do Ensino Médio implica em que eles compreendam as transformações químicas que ocorrem no mundo físico de forma abrangente e integrada para que assim possam julgar com fundamentos as informações advindas da tradição cultural, da mídia, da própria escola e tomar decisões autonomamente, enquanto indivíduos e cidadãos (Brasil, 1996). Para buscar esse objetivo audacioso, o aluno deve ser capaz de estabelecer relações entre os conceitos. Entretanto, o que comumente se observa no Brasil, bem como em outros países, é que, ao terminar o Ensino Médio, os alunos efetivamente conseguem utilizar a terminologia química e realizam cálculos químicos sem, no entanto, ter um entendimento adequado dos conceitos químicos, para além de algumas definições memorizadas.

Embora intensamente criticado, o sistema de ensino tradicional ainda prevalece em grande parte das escolas brasileiras no nível médio. Esse modelo está voltado quase exclusivamente para a retenção, por parte do aluno, de enormes quantidades de informações passivas, as quais são memorizadas e devem ser evocadas e devolvidas nos mesmos termos em que foram apresentadas, durante os exames, seja na forma de provas, testes ou exercícios mecânicos repetitivos.

Ao final do Ensino Médio, os alunos brasileiros que desejam continuar seus estudos, têm de se submeter a exames de ingresso em Universidades, tanto públicas como particulares (conhecidos por vestibulares), quando seus conhecimentos nas distintas disciplinas que compõem a educação secundária são testados. Estes exames, entretanto, influenciam sobremaneira o currículo de Química que é trabalhado nas salas de aula. A extensão do conteúdo programático que aparece nessas provas direciona boa parte dos livros didáticos e, conseqüentemente, o professor, cujas práticas em sala de aula acabam por deixar de lado a preocupação em dar significado ao conteúdo químico, em prol da abordagem do todo conteúdo programático estabelecido pelas principais universidades do país. Como conseqüência, freqüentemente os conteúdos são simplesmente transmitidos e não necessitam mais do que serem memorizados e devolvidos pelos estudantes

Na área de Química, há um grande número de conceitos, cuja interrelação é dificilmente percebida pelos alunos. As relações com outras disciplinas (Biologia e Física, por exemplo) são delegadas aos próprios estudantes, ou aparecem como exemplos ilustrativos e superficiais na maior

parte dos livros didáticos disponíveis no mercado. Em muitos casos, as atividades propostas nesses livros são reduzidas à utilização de algoritmos, os quais exigem do aluno apenas procedimentos mecânicos.

Podemos especular que a falta de interesse dos alunos pela disciplina, as dificuldades, os baixos rendimentos e a crescente redução do número de alunos que busca por cursos superiores de Química em nível mundial possam estar associadas à forma como os currículos tradicionais são concebidos.

Na busca de uma maior sintonia entre o que se pratica em sala de aula e os atuais instrumentos de avaliação, Gil-Pérez e Carvalho (2003) consideram a avaliação um dos aspectos do processo ensino-aprendizagem em que se faz mais necessária uma mudança didática. Uma prova escrita composta por questões fechadas não deve ser o único instrumento utilizado para medir o desenvolvimento cognitivo do aluno. Modificar a forma de avaliar não significa abolir instrumentos, mas sim adequar a forma como são utilizados.

Neste sentido, a década de 90 no Brasil foi marcada por inovações no sistema de avaliação do ensino em todos os níveis, contando com iniciativas voltadas para consolidação do SAEB - Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica (Brasil, 2005), a introdução do ENEM - Exame Nacional do Ensino Médio (Brasil, 1998), do ENADE - Exame do Desempenho dos Estudantes (Brasil, 2004) e, até mesmo modificações no processo seletivo de muitas Universidades. Assim, a Lei de Diretrizes e Bases (Brasil, 1996) permite que cada escola opte por critérios próprios.

Única porta de entrada para o ensino superior no Brasil, o exame de admissão tornou-se obrigatório por lei em 1911. A palavra deriva de *vestíbulo* ou *ante-sala*, segundo decreto de 1915 (IGGe, 2005). Na época, as escolas realizavam seus testes em duas etapas. A primeira era escrita e dissertativa, a segunda, oral. Se as vagas oferecidas não fossem preenchidas, havia nova convocação. Esse formato foi usado até meados dos anos 60, quando surgiram as questões de múltipla escolha. Processados em computadores, os testes facilitaram a correção, cada vez mais complexa pelo volume crescente de candidatos. A novidade começou no curso de Medicina da Universidade de São Paulo.

Apesar do sistema de ingresso nas Universidades públicas ter sofrido poucas alterações ao longo de todos esses anos, a partir de 1996 muitas instituições privadas passaram a adotar critérios próprios: algumas têm valorizado a prova dissertativa, outras, a pontuação do ENEM, outras ainda realizam avaliações continuadas no decorrer do Ensino Médio. Entre as Universidades Privadas conceituadas no país podemos citar a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), cujo exame é realizado em dois dias. No primeiro, o aluno deve responder a 81 testes de múltipla escolha nas disciplinas Língua Portuguesa, Geografia, História, Matemática, Física, Química, Biologia e Língua estrangeira. No segundo dia, o exame é composto por quatro questões abertas, cada uma delas englobando duas disciplinas: Português e Redação, Química e Biologia, Matemática e Física, História e Geografia. Segundo a coordenação do exame, o formato da prova visa avaliar competências que vão além da simples memorização de fatos, conceitos e utilização de algoritmos, buscando selecionar candidatos

capazes de demonstrar um sólido embasamento conceitual, por meio da correlação de informações acerca do tema apresentado, o qual tem um caráter interdisciplinar.

Neste trabalho, analisamos um item da prova de Química e Biologia do Processo Seletivo 2005 da PUC-SP, com o objetivo de abordar como os alunos concebem e representam o processo de dissociação iônica, analisando as implicações conceituais associadas aos principais erros apresentados. A análise das respostas nos conduziu a um tópico bastante corrente na literatura, ou seja, como os alunos concebem e representam as transformações químicas.

### **Fundamentação**

A construção do conceito de transformação química no Ensino Médio é um dos objetivos centrais a ser abordado durante o processo de aprendizagem da interpretação de fenômenos químicos (Solsona e Izquierdo, 1999; Lopes, 1995). Aprender um conceito não é somente fornecer uma definição memorizada do mesmo, ainda que esta seja muito ampla e completa, mas estar apto a utilizar os conhecimentos adquiridos em nível teórico para interpretar os fatos experimentais.

Espera-se que, ao final do Ensino Médio, os alunos sejam capazes de construir um modelo teórico de transformação química que vá além do reconhecimento da transformação como formação de novas substâncias com propriedades diferentes, incluindo a conservação de elementos, durante a reação química (Solsona e Izquierdo, 1999). Deveriam ainda estabelecer modelos coerentes e representar os processos por meio de equações químicas (Mortimer, 1996). Trata-se, portanto, do domínio da linguagem nos três níveis de representação utilizados pela Química: macroscópico, microscópico e simbólico. Apesar de apresentarem menos dificuldades para representações macroscópicas, quando são solicitados a passar para os níveis microscópico e simbólico, em geral os estudantes enfrentam sérios problemas (Lopes, 1992).

Vários estudos recentes mostram que os alunos têm, sobre os diversos fenômenos classificados como reações químicas, concepções bem diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica (Laugier e Dumon, 2004; Cavallo, McNeely e Marek, 2003; Boo e Watson, 2001; Solsona, Izquierdo e de Jong, 2003; Çalýk, Ayas e Ebenezer, 2005; Mortimer e Miranda, 1995; Rosa e Schnetzler, 1998; Justi, 1998).

No caso das reações em soluções aquosas, a situação é ainda mais problemática, pois envolve o domínio de uma série de conceitos como íons, moléculas, átomos, elementos etc. Contudo, há que se ressaltar que a falta de compreensão dos processos de dissociação iônica pode levar a dificuldades de compreensão de muitos conceitos correlacionados a temas de relevância curricular do Ensino Médio, como a previsão de algumas reações em soluções aquosas (entre elas a precipitação e a neutralização, por exemplo), equilíbrio químico e princípios fundamentais de eletroquímica. Também pode levar a concepções alternativas e, até mesmo ao total desligamento entre os níveis fenomenológico (macroscópico) e simbólico.

Neste último caso, o aluno representa uma equação química, cujo significado acaba por se transformar em mero algoritmo.

No caso específico da formação de íons em soluções aquosas, evitar o uso de algoritmos pode significar um caminho bem mais longo do que aqueles adotados pelos livros didáticos tradicionais, o que inclui uma discussão sobre as propriedades da água, tais como polaridade, capacidade de estabelecer ligações de hidrogênio e o processo de solvatação de íons em solução aquosa. Também requer o estabelecimento de modelos compatíveis com os conceituais aceitos pela comunidade científica (nível microscópico) e o nível simbólico, o qual inclui a formalização com relação à valência dos íons e balanceamento de equações químicas. Este caminho, dificilmente percorrido, acaba cedendo espaço à classificação de reações a partir de um sistema já bastante desatualizado: simples troca, dupla troca, síntese e decomposição (Lopes, 1992; Nery, Liegel e Fernandez, 2006). Aquelas classificadas como dupla troca, as quais incluem neutralização, precipitação, formação de produtos instáveis ou ácidos e bases fracos, podem contribuir ainda mais para a separação dos mundos: o da observação da transformação e o da simbologia da mesma, sendo o segundo reduzido a um algoritmo de troca de cátions e ânions, onde tudo é possível.

Este trabalho busca contribuir na identificação das concepções referentes ao modelo de dissociação iônica em um grupo de alunos formados no Ensino Médio. A partir da análise de uma questão de vestibular aberta, fundamentada em fenômenos macroscópicos, têm-se um grupo representativo do ensino de Química no nível médio do Estado de São Paulo. Esses dados são referências importantes que revelam que os estudantes estão sendo conduzidos à memorização de regras em sala de aula. E essa memorização tem se mostrado suficiente para um desempenho adequado em avaliações tradicionais.

## **Metodologia**

Neste trabalho, discutem-se as respostas dos alunos ao último item da questão dissertativa da prova de Química e Biologia do processo seletivo 2005 da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP), cujo tema foi "Rio São Francisco". A prova dissertativa trazia um enunciado completo, apresentado no anexo 1, e abaixo está transcrito o item que foi analisado aqui.

*"O nitrato de potássio ( $KNO_3$ ) é uma das substâncias presentes nos fertilizantes, fornecendo ao solo os elementos essenciais nitrogênio e potássio. Essa substância apresenta temperatura de fusão de  $334\text{ }^\circ\text{C}$ , solubilidade em água de  $35\text{ g}/100\text{ g}$  de água a  $25\text{ }^\circ\text{C}$  e sua solução aquosa conduz corrente elétrica. Represente o processo de dissolução do  $KNO_3$  em água através de sua equação de dissociação e esquematize um modelo que evidencie adequadamente as interações existentes entre as espécies químicas presentes nessa solução."*

Dentre os quase 23.000 candidatos que realizaram as provas, apenas 2.654 obtiveram desempenho superior a 50% nas provas de Química e Biologia. Com o intuito de averiguar dificuldades de alunos que apresentam um desempenho satisfatório em ambas as disciplinas, solicitamos a permissão para analisar tais provas à Coordenação do Vestibular da PUC-

SP, a qual nos forneceu gentilmente 525 folhas de respostas. A partir do critério estabelecido (mínimo de 50% de aproveitamento), a amostragem fornecida foi totalmente aleatória com relação às carreiras e aos locais de provas (realizadas na região metropolitana e interior do Estado de São Paulo). Foram lidas e categorizadas as respostas ao item acima descrito, que trata do processo de dissociação iônica do nitrato de potássio. Essa categorização foi criada a partir das respostas dos alunos. Além das respostas escritas, foram analisados também os desenhos e estabeleceu-se uma correlação entre a resposta à questão dissertativa com o modelo do processo representado no desenho. Esses dados foram analisados e compilados em tabelas apresentadas a seguir.

### **Resultados e discussão**

Antes de iniciar a apresentação de resultados vale ressaltar que a amostragem selecionada, apesar de aleatória, reflete as características de uma minoria que demonstrou desempenho superior a 50% no exame de ingresso a essa faculdade. Entretanto, o percentual de alunos com tal desempenho é apenas de 11,5 %. Sendo assim, podemos inferir que estamos nos referindo aos chamados “bons alunos” dentro de suas comunidades escolares, segundo os critérios utilizados, que coincidem com os critérios com os quais eles foram avaliados pela Instituição e que farão de alguns deles os escolhidos para cursarem os correspondentes cursos de nível superior.

As 525 respostas ao item da questão investigada foram analisadas bem como os desenhos realizados.

#### *Análise das equações*

As respostas dos estudantes levaram ao estabelecimento de quatro categorias descritas na tabela 1.

<b>Categorias de respostas dos alunos</b>
1. Associação do processo de dissociação iônica do nitrato de potássio à formação de íons $K^+$ e $NO_3^-$ .
2. Classificação do processo como dupla troca.
3. Outros.
4. Não respondeu.

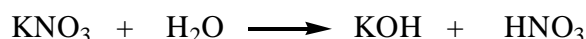
Tabela 1.- Categorização das respostas dos alunos à questão sobre a dissociação iônica do nitrato de potássio.

Dentro da categoria 1 - associação do processo de dissociação iônica do nitrato de potássio à formação de íons  $K^+$  e  $NO_3^-$  (tabela 1) - as respostas obtidas divergiam quanto aos enfoques, e pudemos identificar algumas características em comum, categorizadas de acordo com os critérios apresentados na tabela 2.

1A. Representação correta da equação de dissociação iônica:
$\text{KNO}_3 (\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{K}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$
1B. Utilização de seta de equilíbrio.
$\text{KNO}_3 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{K}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$
1C. Ausência da representação dos estados físicos de reagentes e produtos, indicativo do processo de solvatação dos íons.
$\text{KNO}_3 \longrightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^-$
1D. Problemas de representação. Neste caso, um número significativo de respostas apresentou a água como um dos reagentes do processo:
$\text{KNO}_3 (\text{s}) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{K}^+ (\text{aq}) + \text{NO}_3^- (\text{aq})$

Tabela 2.- Critérios utilizados para agrupar as respostas dos alunos ao associarem o processo de dissociação iônica do nitrato de potássio à formação de íons  $\text{K}^+$  e  $\text{NO}_3^-$  (correspondente à categorização 1 de respostas na tabela 1).

No caso da classificação do processo como dupla troca (item 2 da tabela 1), um exemplo típico é aquele em que o aluno propõe a formação de ácido nítrico e hidróxido de potássio como produtos da reação:



Aparentemente, para esses alunos escrever uma equação química significa seguir um algoritmo em que os cátions e os ânions necessitam ser intercambiados e uma reação acontece como que por mágica, desconsiderando-se qualquer outro fator que informe sobre a ocorrência do fenômeno.

Além disso, esses alunos parecem não perceber a existência e nem o significado de íons em solução. Tudo se passa como se os íons não existissem, e essa "dupla troca" ocorresse como se dá no papel, uma simples junção de letras sem sentido.

No caso da categoria "outros" (item 3 da tabela 1), um grande número de alunos atribui ao processo características que conferem à água um caráter ácido ou básico.

A tabela 3 apresenta a classificação das respostas dos alunos de acordo com as categorias estabelecidas nas tabelas 1 e 2:

Categoria	1				2	3	4
	A	B*	C*	D*			
Percentual de respostas (%) N=525	44	16	12	9,1	17	3,5	1,5

Tabela 3.- Percentagem de respostas dos alunos em cada categoria. (\*uma mesma resposta pode se enquadrar em 2 ou mais categorias).

Pelos resultados apresentados na tabela 3, observa-se que boa parte dos estudantes consegue representar corretamente a equação de dissociação iônica (44%). Entretanto, uma porcentagem dos alunos (16%) representa a

equação química incluindo uma seta de equilíbrio, ou seja, desconsiderando o dado de solubilidade apresentado no enunciado, fazendo-nos crer que não possui um entendimento do que seja uma reação em equilíbrio ou solubilidade.

Com relação aos alunos que correlacionaram o processo de dissociação à formação de íons  $K^+$  e  $NO_3^-$  (410 alunos, 78%), é interessante observar que parte significativa representa a equação corretamente (categoria 1A), porém, nem todos são capazes de elaborar modelos coerentes com o processo, uma vez que apenas 19% o ilustram adequadamente, conforme discutiremos no próximo item. Mais ainda, 12% não indicaram estado físico dos produtos (categoria 1C), o que nos remete à dificuldade de compreensão do papel da água no processo.

Desses alunos investigados, 9% não foram capazes de equacionar a reação de acordo com a lei da conservação das massas, incluindo a água entre os reagentes.

Consideramos significativo ainda o número de alunos que classificou o processo como dupla troca (17%, categoria 2), um erro sistemático que pode ser identificado em muitas das respostas classificadas como "outros" (categoria 3). Neste caso, o estudante não menciona o nome "dupla troca", mas associa o processo à formação de íons  $H^+$  e  $OH^-$  em solução, e propõe a formação de ácido nítrico e hidróxido de potássio como produtos da reação, tendo a água como um dos reagentes. Alguns chegam a elaborar respostas que podem ser associadas a um processo semelhante à dupla troca. Uma resposta típica representante dessa situação é mostrada a seguir:



*Os íons  $K^+$  e  $NO_3^-$  poderiam associar-se, respectivamente, com os íons  $OH^-$  e  $H^+$ , formando uma base e um ácido, que aliás formam sal e água (neutralização)".*

#### *Análise das representações*

Com relação à representação do processo sob forma de desenhos, foram contabilizadas apenas as representações que correspondiam a estudantes que haviam fornecido uma resposta correta à equação química, ou seja, 44% das respostas. Muitos destes estudantes não responderam, outros chegaram a um modelo que indicava a formação de cátions e ânions sem, contudo, indicar as interações entre os íons e as moléculas de água (figura 1a).

Muitas dessas respostas eram acompanhadas de modelos que deixavam transparecer a concepção dos alunos da presença de íons  $H^+$  e  $OH^-$  em solução (figura 1b).

Com relação à formação de íons  $H^+$  e  $OH^-$  como produtos da dissociação iônica do nitrato de potássio, pudemos constatar, ainda, que muitos alunos que foram capazes de representar a equação química corretamente (categoria 1A, 44% das respostas), representavam modelos inconsistentes. Este tipo de resposta reflete a ausência de compreensão do processo.



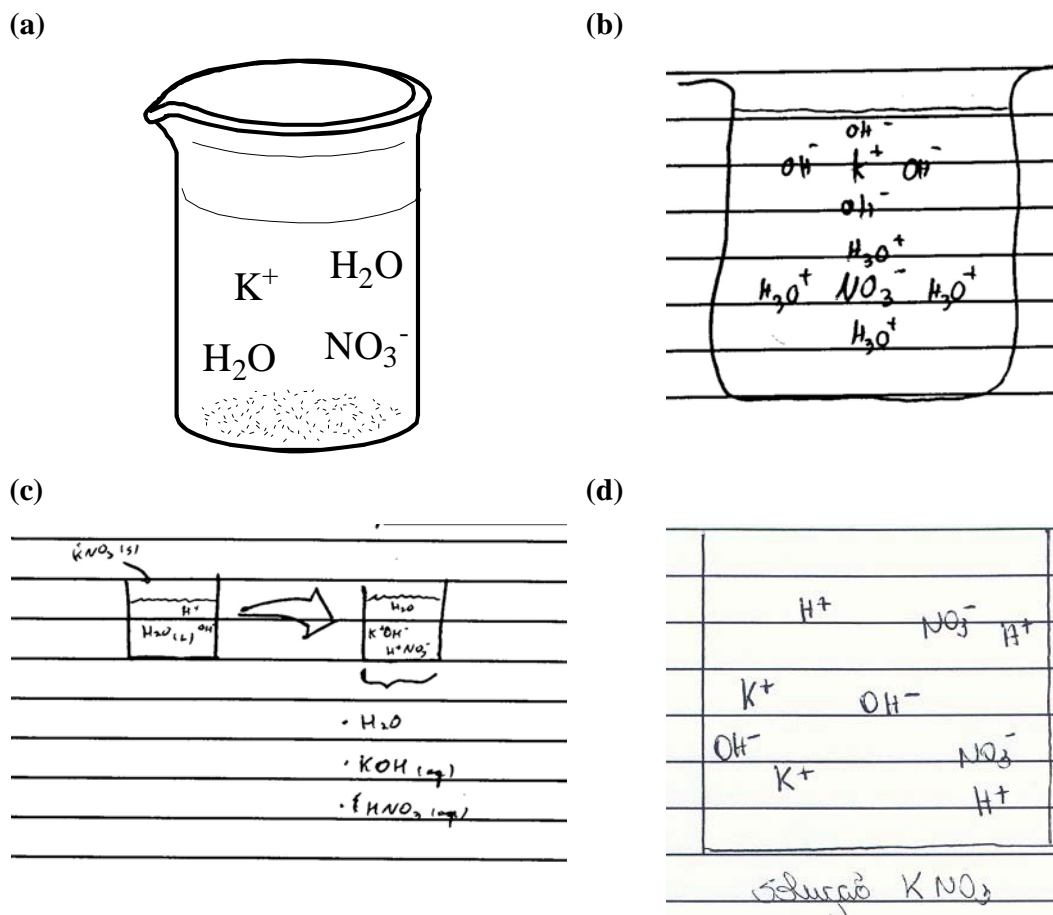


Figura 1.- Representação do processo de dissociação iônica apresentada por alguns alunos.

Nas figuras 1c e 1d apresentamos dois desenhos realizados por estudantes que haviam representado a equação de dissociação iônica do nitrato de potássio corretamente. Percebe-se nesses desenhos que os modelos que os alunos têm em mente, ao representarem a equação química em nada se assemelham com o modelo da dissociação iônica em que os íons potássio e nitrato estariam solvatados por moléculas de água que se posicionariam de acordo com o dipolo dessas moléculas. Nesse sentido, o oxigênio da água, com uma densidade eletrônica maior ficaria posicionado próximo ao cátion potássio, enquanto os hidrogênios da molécula de água, com uma densidade eletrônica menor, se aproximariam dos íons nitrato. O processo de solvatação estabilizaria então os íons em solução, explicando assim a presença destes em solução.

### Conclusões

Este trabalho mostra que a compreensão dos fatores envolvidos no processo de dissolução de um composto iônico pelos estudantes investigados está longe de ser considerada aceitável. Apesar de muitos dos estudantes terem sido capazes de representar corretamente a transformação química por meio da equação do processo de dissociação iônica (44%), somente 19% destes alunos representam um modelo da dissolução de acordo com os modelos científicos.

Além disso, 17% dos alunos dão ao processo de dissolução a classificação de reação de dupla troca, em que a água seria um dos reagentes da reação. Esse resultado nos leva a inferir que tais alunos estão simplesmente memorizando uma série de letras sem sentido para eles e tentam, ao serem solicitados a propor uma representação em forma de desenho, encontrar um significado para o algoritmo estabelecido.

Considerando-se que muitas instituições de Ensino Médio justificam sua estrutura curricular com base nos conteúdos dos exames vestibulares, torna-se importante analisar esses exames como instrumentos de avaliação desse nível de ensino.

Os resultados apresentados sugerem ser bastante comum a “dissociação” entre as diferentes formas representacionais, como a equação química e o modelo microscópico de partículas. Este problema relaciona-se, em parte, ao processo de memorização de algoritmos, sem a compreensão adequada do modelo ao qual se referem.

Os resultados apresentados são reveladores do cuidado que os professores devem tomar ao proporem exercícios e exames em que não se dê oportunidade para o aluno expressar suas idéias sobre os modelos criados. A disciplina Química, por possuir uma linguagem simbólica muito desenvolvida, apresenta uma dificuldade extra aos seus estudantes – que é conhecer não somente o fenômeno observável, mas sua representação “microscópica” na forma de modelos e também na forma simbólica por meio das equações químicas. A cilada para os professores é julgar que seus alunos compreendem o assunto tratado somente por meio da avaliação da representação simbólica. Os estudantes, por sua vez, tentam se valer do que podem. Sem uma compreensão dos modelos químicos, apelam para “esquemas de sobrevivência”, memorizando fórmulas e reproduzindo-as sem erro em avaliações. Entretanto, ao serem forçados a revelar seus modelos, expressam uma incompreensão do fenômeno avaliado.

Apesar de se tratar de um modelo relativamente simples na Química e um dos mais básicos para o entendimento de outros tópicos mais complexos, a dissociação iônica, aparentemente, não é compreendida por grande parte dos estudantes que finalizam o Ensino Médio. E, a julgar pela dificuldade desses alunos com o modelo expresso para o processo de dissociação iônica, podemos concluir a confusão que está instalada na mente dos estudantes de Química do Ensino Médio e o pouco significado que a disciplina tem adquirido.

Essa situação remete à reflexão sobre os conteúdos básicos de Química que devem ser ensinados e refletir sobre como os professores têm ensinado tais conteúdos. Se esses estudantes, uma minoria seleta, chegam à porta de entrada de uma universidade com tais esquemas adquiridos na tentativa de “burlar” a compreensão que deveria ter sido obtida durante seu trajeto escolar, é preciso repensar seriamente o ensino de Química nas escolas. De outra forma, parece uma enorme perda de tempo insistir em algoritmos, tanto para os estudantes como para os professores, o que resulta em uma Química incompreensível, a qual mais se assemelha a um jogo de azar, sem significado lógico. Não estranha, portanto, que a Química seja tão impopular e feita somente para uma minoria de “mentes privilegiadas”. Tais

mentes na verdade, são aquelas que conseguem lidar com uma série de informações desconexas com o objetivo de passar de ano e entrar na faculdade para uma continuada história de fatos dissociados de significado.

### **Agradecimentos**

À Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) pelo material para análise.

### **Referências bibliográficas**

Boo, H. e Watson, J.R. (2001). Progression in high school students' (aged 16-18) conceptualizations about chemical reactions in solution. *Science Education*, 85, 5, 568-585.

Brasil (1996). Ministério da Educação. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB: Lei 9.394/96*.

Brasil (1998). Ministério da Educação. *Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM*. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/basica/enem/default.asp>. Acesso em 20 nov. 2006.

Brasil (2004). Ministério da Educação. *Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE*. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/superior/enade/default.asp>. Acesso em: 20 nov.2006.

Brasil (2005). Ministério da Educação. *Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica–SAEB*. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/basica/saeb/default.asp>. Acesso em 20 nov. 2006.

Cavallo, A.M.L.; McNeely, J.C. e Marek, E.A. (2003). Eliciting students' understandings of chemical reactions using two forms of essay questions during a learning cycle. *Internacional Journal of Science Education*, 25, 5, 583-603.

Çalýk, M.; Ayas, A. e Ebenezer, J.V. (2005) A review of solution chemistry studies: insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 1, 29-50.

Gil-Pérez, D. e Carvalho, A.M.P. (2003). Formação inicial e continuada de professores de ciências: tendências e inovações. 7a ed. São Paulo: Cortez.

IGGe (2005). *Vestibular: símbolo das dificuldades dos estudantes na entrada na fase adulta, o exame existe há 89 anos*. Disponível em: <http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/6116/histvestibrasil.html>. Acesso em 20 nov. 2006.

Justi, R.S. (1998). A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? *Química Nova na Escola*, 7, 26-29.

Laugier, A. e A. Dumon (2004). The equation of reaction: a cluster of obstacles which are difficult to overcome. *Chemistry Education: research and Practice*, 5, 3, 327-342.

Lopes, A.R.C. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. I. Obstáculos animistas e realistas. *Química Nova*, 15, 254-261.

Lopes, A.R.C. (1995). Reações químicas: fenômeno, transformação e representação. *Química Nova na Escola*, 2, 7-9.

Mortimer, E.F. (1996). H<sub>2</sub>O = água? O significado das fórmulas químicas. *Química Nova na Escola*, 3, 19-21.

Mortimer, E.F. e L.C. Miranda (1995). Transformações : concepções de estudantes sobre reações químicas. *Química Nova na Escola*, 2, 23-26.

Nery, A.L.P.; Liegel, R.M. e C. Fernandez (2006). Reações envolvendo íons em solução aquosa: uma abordagem problematizadora para a previsão e equacionamento de alguns tipos de reações inorgânicas. *Química Nova na Escola*, 23, 14-18.

Rosa, M.I.F.P.S. e R.P. Schnetzler (1998). Sobre a importância do conceito de transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*, 8, 31-35.

Solsona, N. e M. Izquierdo (1999). El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la Escuela*, 38, 65-75.

Solsona, N.; Izquierdo, M. e O. de Jong (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *Internacional Journal of Science Education*, 25,1, 3-12.

## Anexo 1

O Rio São Francisco, desde sua nascente, sofre com vários problemas ambientais, dentre os quais destacam-se o esgoto e o lixo que cerca de 500 municípios despejam em suas águas, sem qualquer tipo de tratamento.

"...Esse tipo de ação pode provocar doenças e levar resíduos perigosos às águas, ameaçando a vida no rio e nas cidades ribeirinhas (...) Em Xique-Xique, por exemplo, o porto é um dos lugares mais sujos da cidade. Além de funcionar como lixão, ali também deságua boa parte do esgoto local, sem tratamento (...) Até hoje, por descaso político ou falta de recursos, nenhuma dessas cidades conta com programas eficientes de coleta de lixo e tratamento de esgoto..."

([www.brasiloeste.com.br/riosaofrancisco/rep0912.html](http://www.brasiloeste.com.br/riosaofrancisco/rep0912.html))

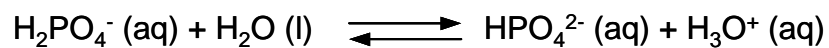
Nota-se que, em rios que sofrem esse tipo de poluição, especialmente nas regiões onde é represado ou onde sua vazão é reduzida, ocorrem alterações nas comunidades aquáticas, com a morte de muitos organismos. O lançamento de dejetos ricos em matéria orgânica, a recepção de adubos fertilizantes e a descarga de resíduos contendo detergentes são responsáveis pelo aumento da quantidade de nutrientes encontrados no ambiente, principalmente nitrogênio e fósforo. Na matéria orgânica esses elementos estão presentes nas biomoléculas, enquanto que, nas fontes não naturais, eles ocorrem na forma de nitrato e fosfato.

A presença em níveis elevados desses compostos no ambiente aquático favorece a proliferação excessiva de algas e cianobactérias. Os herbívoros, que habitualmente se utilizam desses organismos como fonte de energia, não consomem esse excesso. Ao morrerem algas e cianobactérias, grande quantidade de matéria orgânica é disponibilizada para bactérias aeróbicas que consomem praticamente todo o oxigênio presente na água, causando a morte de peixes e de outras formas de vida.

Nesses ambientes aquáticos, onde ocorre a drástica redução dos índices de oxigênio associada à abundância de matéria orgânica, uma das conseqüências finais é o aumento significativo no número de bactérias anaeróbicas, cuja resulta na eliminação de substâncias malcheirosas.

Com base nas informações fornecidas pelo texto e em seus conhecimentos de Química e Biologia, responda às seguintes questões:

1. Considere a cadeia alimentar da qual fazem parte algas, cianobactérias, herbívoros e as bactérias aeróbicas citadas no texto. Classifique esses seres vivos quanto aos seus níveis tróficos. Justifique sua resposta.
2. Por que, após a redução da quantidade de oxigênio presente nas águas, verifica-se um aumento no número de bactérias anaeróbicas?
3. As algas e cianobactérias, apesar de possuírem estratégia semelhante de obtenção de energia, apresentam diferenças fundamentais quanto à compartimentalização celular. Quais são essas diferenças?
4. Cite duas biomoléculas que apresentem em sua composição o elemento fósforo e duas que apresentem o elemento nitrogênio. Indique a função que cada uma dessas moléculas desempenha nos organismos vivos.
5. O fosfato está presente em solução aquosa, especialmente sob a forma das espécies diidrogenofosfato ( $H_2PO_4^-$ ) e monoidrogenofosfato ( $HPO_4^{2-}$ ). Em solução aquosa neutra ( $pH = 7$ ), a concentração de cada espécie é praticamente a mesma. Qual deve predominar em meio de  $pH 5$ ? Justifique sua resposta a partir da análise da reação de ionização do  $H_2PO_4^-$ .



6. *O nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>) é uma das substâncias presentes nos fertilizantes, fornecendo ao solo os elementos essenciais nitrogênio e potássio. Essa substância apresenta temperatura de fusão de 334 °C, solubilidade em água de 35 g/100 g de água a 25 °C e sua solução aquosa conduz corrente elétrica. Represente o processo de dissolução do KNO<sub>3</sub> em água através de sua equação de dissociação e esquematize um modelo que evidencie adequadamente as interações existentes entre as espécies químicas presentes nessa solução.*